



**Universidade de Aveiro**  
**2009**

Secção Autónoma de Ciências da Saúde

**BRUNO MANUEL**  
**MEIRELES COIMBRA**

**Produção de Fala em Crianças Surdas com**  
**Implante Coclear**



**Universidade de Aveiro**  
**2009**

Secção Autónoma de Ciências da Saúde

**BRUNO MANUEL  
MEIRELES COIMBRA**

**Produção de Fala em Crianças Surdas com  
Implante Coclear**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ciências da Fala e da Audição, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Luís Miguel Teixeira de Jesus, Professor Coordenador da Universidade de Aveiro.



## **o júri**

presidente

**Professora Doutora Ana Maria Perfeito Tomé**  
Professora Associada da Universidade de Aveiro

**Professora Doutora Maria do Céu Guerreiro Viana**  
Investigadora Principal da Universidade de Lisboa

**Professor Doutor Luís Miguel Teixeira de Jesus**  
Professor Coordenador da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

ao Professor Doutor Luís Jesus, pelo seu dinamismo, erudição e clarividência, por todo o entusiasmo e apoio investido nesta investigação e por ter ampliado os limites do meu conhecimento,

à Mestre Isabel Monteiro, pela sua sapiência e pela sua capacidade de relativizar o acessório, modificando o saber original,

ao Mestre Pedro Sá Couto, pela ajuda essencial na análise dos resultados e pelo interesse que revelou neste trabalho,

a todas as crianças e respectivos familiares que participaram nesta investigação, pela sua paciência e compreensão,

à Sandra, à Joana e ao Manu pelo seu apoio constante, inabalável amizade e alegria contagiante,

aos meus Pais e à minha família, por serem a minha âncora,

aos meus amigos, por me mostrarem que cada um de nós precisa de se abandonar ao divertimento para poder ocupar-se de coisas sérias.

## **palavras-chave**

produção de fala; normo-ouvintes; implantes cocleares; fricativas; vogais; análise acústica e fonológica

## **resumo**

Um estudo de produção de fala foi desenvolvido para comparar crianças surdas implantadas e crianças normo-ouvintes. Gravaram-se oito informantes com idades compreendidas entre os 5 e os 11 anos, sendo 4 normo-ouvintes (2 do sexo masculino e 2 do sexo feminino) e 4 crianças surdas com implante coclear (2 do sexo masculino e 2 do sexo feminino). Foram analisadas diferentes propriedades acústicas e particularidades fonológicas presentes nas vogais e nas fricativas, em contexto de palavra dissilábica isolada (CVCV). As análises versaram a influência da capacidade auditiva nos processos fonológicos. As medidas acústicas (para as vogais mediais e finais), incluíram dados sobre: duração, F0, F1, F2, Jitter e Shimmer. Estes dados permitiram efectuar uma análise estatística, e estudar a relação entre F1 e F2. No caso das fricativas, as medidas acústicas analisadas referiram-se à duração, declive espectral e vozeamento. A qualidade vocal, com base nos parâmetros F0, Jitter e Shimmer, nas vogais em posição medial, foi também analisada. Verificou-se que há uma maior ocorrência de erros e as alterações são mais diversificadas, nos informantes surdos com implante coclear. Nas diferentes vogais dos normo-ouvintes foram encontrados valores mais altos de F1. Os informantes surdos com implante coclear apresentaram durações vocálicas superiores e nas vogais verificaram-se valores de duração distintos entre si e variáveis de acordo com o contexto de produção. Concluiu-se também que a variação da frequência de F2 foi mais consentânea com valores de referência para o Português Europeu. Apesar de não existir relevância estatística, verificou-se que a duração média das várias fricativas era sempre superior no grupo dos surdos com implantes cocleares. Sobre a qualidade vocal não se detectaram diferenças estatisticamente significativas.

**keywords**

speech production, normal listeners, cochlear implants, fricatives, vowels, acoustic and phonological analyses

**abstract**

A speech production study was designed to compare between deaf children with cochlear implants and normal hearing children. Eight speakers with ages between 5 and 11 years old were recorded. The children were divided in two groups: 4 normal listeners (2 male and 2 female) and 4 deaf children with cochlear implants (2 male and 2 female). Different acoustic properties and phonological processes of vowels and fricatives in dissyllabic words (CVCV) were analysed. The analysis tried to determine the influence of auditory capacity on the phonological processes. The acoustic measures (mid and final vowels) included: duration, F0, F1, F2, Jitter and Shimmer. Statistical analysis was performed and the relation between F1 and F2 was studied. Duration, spectral slope and voicing were the acoustic measures analysed for the fricatives. The vocal quality was also analysed, based on values of F0, Jitter and Shimmer extracted at the middle of some vowels. Deaf speakers showed a greater occurrence of phonological errors and the alterations were more diversified. The different vowels produced by normal listeners presented higher values of F1. The deaf speakers with cochlear implants showed longer vowel duration, distinct duration values and variable with context. The variation of F2 agreed with reference values for European Portuguese. Although there was no statistical relevance, the average duration of fricatives was always superior in the group of the deaf children with cochlear implants. Regarding vocal quality, no significant statistical differences were detected.





## Índice

<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>5</b>
<b>Lista de Tabelas .....</b>	<b>9</b>
<b>Capítulo 1. Introdução .....</b>	<b>11</b>
1.1. Motivações e Objectivos do Estudo.....	11
1.2. Produção e Percepção de Fala.....	12
1.3. Medir a produção de fala .....	14
1.4. Organização da Dissertação .....	15
<b>Capítulo 2. Revisão da Literatura.....</b>	<b>17</b>
2.1 Introdução .....	17
2.2 Produção Verbal Oral em Crianças com Implante Coclear .....	17
2.2.1 Aspectos Suprasegmentais .....	19
2.2.2 Aspectos Segmentais.....	20
2.2.2.1 <i>Desenvolvimento Pré-Lexical</i> .....	21
2.2.2.2 <i>Desenvolvimental Segmental: Vogais</i> .....	22
2.2.2.3 <i>Desenvolvimento Segmental: Consoantes</i> .....	24
2.2.2.3.1 <i>Modo de Articulação: Oclusivas e Fricativas</i> .....	24
2.2.2.3.2 <i>Relações entre Ponto, Modo e Vozeamento</i> .....	26
2.2.2.3.3 <i>Aspectos Acústicos</i> .....	27
2.2.2.4 <i>Mecanismos de Fluxo de Ar e Fonação</i> .....	27
2.3 Inteligibilidade .....	29
2.3.1 Material de Promoção da Fala.....	31
2.3.1.1 <i>Pistas Contextuais</i> .....	31
2.3.1.2 <i>Complexidade Sintáctica e Fonológica</i> .....	32
2.3.2 Características do Ouvinte .....	32
2.3.3 Características do Falante .....	34
2.3.3.1 <i>Grau de Perda Auditiva</i> .....	34
2.3.3.2 <i>Competência Linguística</i> .....	35

2.3.3.3 Idade da Criança .....	35
2.3.3.4 Idade de Surgimento da Surdez .....	36
2.3.3.5 Tempo de Privação Sensorial e Experiência de Uso do IC .....	37
2.3.4 Aspectos Linguísticos e Educacionais .....	40
2.4 Análise Qualitativa da Inteligibilidade .....	43
2.4.1 Identificação de Itens .....	43
2.4.1.1 Testes de Inteligibilidade de Resposta Livre .....	43
2.4.1.2 Testes de Inteligibilidade de Escolha Múltipla .....	45
2.4.2 Escalas de Medição .....	46
2.5 Análise Quantitativa da Inteligibilidade .....	50
2.5.1 Métodos para calcular o SII .....	51
2.5.2 SII em Indivíduos com Perda Auditiva .....	51
2.5.3 Preparação Contextual de um Teste de Inteligibilidade .....	52
2.5.4 Condução de um Teste de Inteligibilidade .....	53
2.6 Qualidade Vocal em Pessoas com Perda Auditiva .....	53
2.6.1 Aspectos Laríngeos da Fala .....	56
2.6.2 Aspectos Velo-faríngeos da Fala .....	57
2.6.3 Análise Global .....	58
2.6.4 Abordagens Analíticas .....	59
2.7 Sumário .....	61
<b>Capítulo 3. Método .....</b>	<b>63</b>
3.1 Introdução .....	63
3.2 Criação do Corpus de Palavras .....	63
3.2.1 Apresentação do Corpus .....	67
3.3 Consistência do Corpus .....	69
3.4 Características dos informantes .....	70
3.4.1 Crianças Normo-Ouvintes .....	71
3.4.2 Crianças Surdas .....	72
3.5 Gravação .....	72
3.6 Segmentação e Anotação .....	73
3.7 Obtenção e Tratamento de dados .....	77

3.8 Parametrização do Espectro das Fricativas .....	79
3.9 Sumário .....	82
<b>Capítulo 4. Resultados.....</b>	<b>83</b>
4.1. Introdução .....	83
4.2 Inteligibilidade e Processos Fonológicos.....	83
4.2.1. Produção Geral.....	88
4.2.2. Produção por Capacidade Auditiva.....	90
4.2.3. Comparação entre pares de informantes .....	93
4.2.4. Análise de Erros de Produção em Função da Capacidade Auditiva.....	97
4.3. Análise Acústica das Vogais.....	101
4.3.1 Análise Global.....	101
4.3.2 Análise das Durações .....	106
4.3.3. Análise das Formantes .....	108
4.3.3.1. Análise Estatística .....	108
4.3.3.2. Relação Entre F1 e F2 .....	109
4.3.3.3 Espaço das Vogais .....	115
4.4. Análise Acústica das Fricativas .....	120
4.4.1. Parâmetros acústicos .....	121
4.4.2 Duração .....	124
4.4.3 Parametrização do Espectro das Fricativas .....	125
4.5. Qualidade Vocal.....	129
4.6. Sumário .....	132
<b>Capítulo 5. Conclusões e Trabalho Futuro. ....</b>	<b>133</b>
5.1 Introdução .....	133
5.2 Conclusões .....	134
5.3 Trabalho futuro .....	138
<b>Bibliografia.....</b>	<b>139</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>149</b>
Anexo A .....	149
Anexo B .....	150



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo Directions Into Velocities of Articulators (DIVA). De Perkell (2007). .....	14
Figura 2: Percentagem de ocorrência de diferentes tipos de padrões de consoantes, até à produção da primeira palavra (“NH – Normal Hearing Children; HI – Hearing Impaired Children; CI – Cochlear Implanted Children”). De Schauwers (2004). .....	22
Figura 3: Diagrama esquemático relativo a um sistema de comunicação geral (mensagem verbal oral). De Shannon (1948). .....	30
Figura 4: Percentagem de questões percebidas em função da experiência do ouvinte. De Oster (2002). .....	33
Figura 5: Resultados obtidos para 10 tipos de contrastes em três sujeitos com surdez adquirida (utilização do SPAC). O informante SBP perdeu audição aos 2;5 anos; SDD e SBZ perderam aos 5 anos. Os informantes SBP e SDD têm alguma audição residual enquanto SBZ não tem. De Osberger (1992). .....	36
Figura 6: Percentagem de questões respondidas correctamente. De Oster (2002). .....	44
Figura 7: Organização da escala SIR. De Wilkinson e Brinton (2003). .....	47
Figura 8: Categorização da inteligibilidade com a escala SIR. A dimensão das bolhas é proporcional ao número de ouvintes que escolheu determinada categoria. De Wilkinson e Brinton (2003). .....	48
Figura 9 Em cima: classificações da SIR tendo em conta a média, moda e mediana para cada período de avaliação. Em baixo: número de crianças em cada categoria nos diferentes momentos de avaliação. De Bakhshae et al. (2007). .....	49
Figura 10: Forma de apresentação das imagens (palavra <i>bebé</i> ). De Inconsiderações Várias (2008). .....	66
Figura 11: Ilustração utilizada na tarefa de descrição de imagens com palavras presentes no corpus. Ilustração por André da Loba. .....	67
Figura 12: Imagens do Jogo dos Segredos. De Pereira (1990). .....	68
Figura 13: Imagem das actividades de “role-play” .....	69
Figura 14: Disposição comparativa entre os grupos de vogais antecedentes e precedentes em função das oclusivas e fricativas em posição medial. .....	70
Figura 15: Anotação da sequência VCV da palavra [“Zesu”] produzida por JC. Estão representados (de cima para baixo) o sinal acústico e respectivo espectrograma, e o sinal de EGG. .....	73

Figura 16: Anotação da sequência VCV da palavra ["REz6] produzida por MS. Exemplo de desvozeamento completo.....	74
Figura 17: Anotação dos valores temporais para cada um dos marcadores criados, rótulo da fricativa e classe de vozeamento, da palavra [su"fa], para JB.....	75
Figura 18: Transcrição fonética da sequência VCV, da palavra [su"fa], para JB.....	76
Figura 19: Organização da informação presente no corpus para JB.....	76
Figura 20a: Informação sobre traçados de F0 e formantes, e programas utilizados.....	77
Figura 20b: Disposição dos dados no SFS para a palavra <i>luva</i> , relativa à informante JB.....	78
Figura 21: Linhas de regressão usadas para calcular o declive de baixa frequência ( $S'_p$ ) e o declive de alta frequência ( $S_p$ ). De Jesus e Shadle (2002).....	80
Figura 22: Relações previstas entre $S'_p$ vs $S_p$ para as fricativas. De Jesus e Shadle (2002).....	82
Figura 23: Espaço das vogais de acordo com o alfabeto fonético SAMPA (Wells, 1997).....	87
Figura 24a: Percentagens e tipos de erros ocorridos, para todos os informantes, aquando da produção das vogais em posição medial.....	89
Figura 24b: Percentagens e tipos de erros ocorridos, para todos os informantes, aquando da produção das fricativas.....	89
Figura 24c: Percentagens e tipos de erros ocorridos, para todos os informantes, aquando da produção das vogais em posição final.....	90
Figura 25: Percentagens e tipos de erros ocorridos, para o grupo dos surdos, aquando da produção das vogais em posição medial.....	90
Figura 26: Percentagens e tipos de erros ocorridos, para o grupo dos surdos, aquando da produção das fricativas.....	91
Figura 27a: Percentagens e tipos de erros ocorridos, para o grupo dos ouvintes, aquando da produção das vogais em posição final.....	92
Figura 27b: Percentagens e tipos de erros ocorridos, para o grupo dos surdos, aquando da produção das vogais em posição final.....	92
Figura 28: Tipos de erros ocorridos aquando da produção das fricativas, para a informante do género feminino TG (surda).....	93

Figura 29a: Tipo de erros ocorridos aquando da produção das fricativas, para a informante do género feminino ML (surda).....	94
Figura 29b: Tipos de erros ocorridos aquando da produção das vogais em posição final, para a informante do género feminino ML (surda).....	94
Figura 30a: Análise comparativa das percentagens e tipos de erros ocorridos aquando da produção das fricativas, para o informante masculino MP (surdo).....	95
Figura 30b: Análise comparativa das percentagens e tipos de erros ocorridos aquando da produção das vogais em posição final, para os informantes masculinos MP (surdo) e RV (ouvinte).....	95
Figura 31a: Análise comparativa das percentagens e tipos de erros ocorridos aquando da produção das fricativas, para o informante masculino JC (surdo).....	96
Figura 31b: Análise comparativa das percentagens e tipos de erros ocorridos aquando da produção das vogais em posição final, para os informantes masculinos JC (surdo) e JT (ouvinte).....	97
Figura 32: Análise comparativa das percentagens dos tipos de erros ocorridos na produção das vogais em posição medial presentes no corpus.....	98
Figura 33: Percentagens dos tipos de erros ocorridos na produção das fricativas presentes no corpus.....	99
Figura 34: Análise comparativa, entre os grupos normo-ouvintes e dos implantes cocleares, das percentagens e tipos de erros ocorridos na produção das vogais em posição final presentes no corpus.....	100
Figura 35: Relação entre F1 e F2. De Martins (1973).....	111
Figura 36: Relação entre F1 e F2. De Escudero et al (2008).....	111
Figura 37a: Valores médios de frequência de F1 e F2 das vogais.....	113
Figura 37b: Valores médios de frequência de F1 e F2 das vogais.....	114
Figura 38: Representação esquemática dos resultados relativos à distância inter-vocálica e dispersão intra-vocálica para informantes normo-ouvintes (NH) e com implantes cocleares. O grupo de implantados foi avaliado em três momentos distintos: antes da colocação do implante (CI Pre), passado um mês da activação do mesmo (CI one-month post) e passado um ano da activação (CI one-year post). De Perkell, et al. (2007).....	116
Figura 39: Espaço das vogais (escala Bark) para os informantes femininos JB (normo-ouvinte) e TG (surda). /i/: x; /e/: Δ; /E/: -; /6/:*; /a/: +; /O/: □; /o/: >; /u/: o.....	117
Figura 40: Espaço das vogais (escala Bark) para os informantes femininos MS (normo-ouvinte) e ML (surda). /i/: x; /e/: Δ; /E/: -; /6/:*; /a/: +; /O/: □; /o/: >; /u/: o.....	118
Figura 41: Espaço das vogais (escala Bark) para os informantes masculinos RV (normo-ouvinte) e MP (surdo). /i/: x; /e/: Δ; /E/: -; /6/:*; /a/: +; /O/: □; /o/: >; /u/: o.....	119

Figura 42: Espaço das vogais (escala Bark) para os informantes masculinos JT (normo-ouvinte) e JC (surdo). /i/: x; /e/: Δ; /E/: -; /6/:\*; /a/: +; /O/: □; /o/: >; /u/: o.....120

Figura 43a: Relações entre  $S_{p'}^f$  e  $S_p^f$  das fricativas, para as informantes femininas. As elipses representam a dispersão de valores para um determinado ponto de articulação. /f/: x; /s/: Δ; /S/: -; /v/: +; /z/: □; /Z/: o.....127

Figura 43b: Relações entre  $S_{p'}^l$  e  $S_p^l$  das fricativas, para os informantes masculinos. As elipses representam a dispersão de valores para um determinado ponto de articulação. /f/: x; /s/: Δ; /S/: -; /v/: +; /z/: □; /Z/: o.....128



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Inventário das alterações gerais que ocorrem na fala de sujeitos com perda auditiva. De Oster (1990).....	17
Tabela 2: Correlações obtidas entre as várias medidas. De Geers (2004).....	39
Tabela 3: Comparação dos resultados das crianças implantadas, em função da idade, com os seus pares normo-ouvintes. De Geers (2004).....	39
Tabela 4a: Corpus de oclusivas.....	64
Tabela 4b: Corpus de fricativas.....	65
Tabela 5: Quantificação das vogais antecedentes e precedentes em função das oclusivas e fricativas em posição medial.....	70
Tabela 6: Dados demográficos das crianças normo-ouvintes.....	71
Tabela 7: Dados demográficos das duas crianças implantadas em estudo (I. Informante; G. Género; Et. Etiologia; PTA limiares auditivos no melhor ouvido antes da colocação do IC; I.S. Idade de surgimento da surdez; I.D. Idade de Diagnóstico; I.C.I.C Idade de colocação do implante coclear; I.C. Idade Cronológica; T.U.I.C. Tempo de uso do implante coclear; M.C. Modo de comunicação).....	72
Tabela 8: Efeitos previstos nos vários parâmetros. Adaptado de Jesus e Shadle (2002). .....	81
Tabela 9: Percentagens de palavras avaliadas como correctas.....	83
Tabela 10: Classificação dos erros de produção das fricativas.....	86
Tabela 11: Alfabeto fonético SAMPA (Wells, 1997) para os fones consonânticos.....	86
Tabela 12a: Descrição estatística das vogais em <i>posição inicial</i> . Para cada parâmetro há valores da média, desvio padrão, mediana, percentis 25 (P25) e 75 (P75) e número de dados (N).....	103
Tabela 12b: Descrição estatística das vogais em <i>posição inicial</i> . Para cada parâmetro há valores da média, desvio padrão, mediana, percentis 25 (P25) e 75 (P75) e número de dados (N).....	104
Tabela 12c: Descrição estatística das vogais em <i>posição final</i> presentes no corpus. Para cada parâmetro há valores da média, desvio padrão, mediana, percentis 25 (P25) e 75 (P75) e número de dados (N).....	105
Tabela 13: Resultados de uma ANOVA mista de três factores, para o parâmetro <u>duração</u> (n=4): dois factores “between-subjects” (contexto de produção e capacidade auditiva) e um factor “within-subject” (vogais). Em rodapé apresentam-se os valores de p-value para cada um dos factores em estudo, bem como as várias interações entre eles.....	107

Tabela 14: Resultados de uma ANOVA mista de três factores, para o parâmetro <u>F1</u> (n=4): dois factores “between-subjects” (contexto de produção e capacidade auditiva) e um factor “within-subject” (vogais). Em rodapé apresentam-se os valores de p-value para cada um dos factores em estudo, bem como as várias interacções entre eles.....	108
Tabela 15: Resultados de uma ANOVA mista de três factores, para o parâmetro <u>F2</u> (n=4): dois factores “between-subjects” (contexto de produção e capacidade auditiva) e um factor “within-subject” (vogais). Em rodapé apresentam-se os valores de p-value para cada um dos factores em estudo, bem como as várias interacções entre eles.....	109
Tabela 16: A média dos valores da frequência de F1 e F2 de cada vogal de acordo com os resultados do estudo de Martins (1973).....	110
Tabela 17: A média dos valores da frequência de F1 e F2 de cada vogal, para ambos os géneros, de acordo com os resultados do estudo de Escudero et al. (2008).....	111
Tabela 18: Descrição estatística das fricativas presentes no corpus, através da exposição dos valores de duração (ms), S’p (declive espectral nas baixas frequências) e Sp (declive espectral nas altas frequências). Estes valores encontram-se divididos de acordo com os dois grupos em estudo. Para cada parâmetro há valores da média, desvio padrão, mediana, percentis 25 e 75 e número de dados.....	123
Tabela 19: Resultados de uma ANOVA mista de dois factores, para o parâmetro <u>duração</u> (n=4): um factor “between-subjects” (capacidade auditiva) e um factor “within-subject” (fricativas). Em rodapé apresentam-se os valores de p-value para cada um dos factores em estudo, bem como da interacção entre eles.....	124
Tabela 20: Resultados de uma ANOVA mista de dois factores, para o parâmetro <u>F0</u> (n=4): um factor “between-subjects” (capacidade auditiva) e um factor “within-subject” (vogais). Em rodapé apresentam-se os valores de p-value para cada um dos factores em estudo, bem como da interacção entre eles.....	130
Tabela 21: Resultados de uma ANOVA mista de dois factores, para o parâmetro <u>Jitter</u> (n=4): um factor “between-subjects” (capacidade auditiva) e um factor “within-subject” (vogais). Em rodapé apresentam-se os valores de p-value para cada um dos factores em estudo, bem como da interacção entre eles.....	131
Tabela 22: Resultados de uma ANOVA mista de dois factores, para o parâmetro <u>Shimmer</u> (n=4): um factor “between-subjects” (capacidade auditiva) e um factor “within-subjects” (vogais). Em rodapé apresentam-se os valores de p-value para cada um dos factores em estudo, bem como da interacção entre eles.....	131

# Capítulo 1. Introdução

## 1.1. Motivações e Objectivos do Estudo

A colocação de implantes cocleares é, actualmente, uma forma estandardizada de tratamento da perda auditiva profunda, quer para crianças como para adultos. O Implante Coclear (IC) é um aparelho electrónico que funciona como um apoio auditivo, tendo a função de converter sinais acústicos em sinais codificados. Estes sinais eléctricos vão estimular directamente os neurónios auditivos sobreviventes, uma vez que cria um sistema de “bypass” que evita as células ciliadas danificadas da cóclea. O IC possibilita a percepção sonora e permite a monitorização do discurso por parte do utilizador através do “feedback” auditivo. Desta forma, o IC é visto como um apoio técnico útil e relevante para debelar problemas de fala e comunicação decorrentes da surdez. O impacto da perda auditiva profunda nos adultos com surdez pós-linguística é considerada mínima (Bakhshaei et al., 2007). Para as crianças com surdez pré-linguística, os efeitos no desenvolvimento da fala e linguagem são bem mais sérios.

Existem várias razões que justificam a importância de um estudo sobre a produção de fala em crianças com IC particularmente no caso de crianças com surdez pré-linguística (Svirsky, 1998a). Estas crianças vêm as suas capacidades para produzir fala e desenvolver linguagem oral fortemente diminuídas, fruto da ausência de “input” linguístico precoce. Apesar do IC ser utilizado como meio de facilitação técnica da percepção do discurso, ele também tem influência nos processos de reabilitação da produção de fala e das capacidades linguísticas orais em crianças com surdez profunda congénita ou pré-linguística (Barac-Cikoja, 2004; Peng et al., 2004). Os inúmeros estudos (Tobey, 1991; Tobey, Geers e Brenner, 1994a) efectuados permitiram quantificar melhorias na produção da fala após a colocação de IC e evidenciar a vantagem do IC, ao nível da produção de fala, face a outros aparelhos de amplificação auditiva (Osberger, Maso e Sam, 1993; Tobey, Geers e Brenner, 1994b; Sehgal, 1998; Svirsky et al., 1999). Os estudos de crianças e adultos com surdez pós-linguística promovem uma nova visão sobre as relações complexas e intrincadas

existentes entre a produção e a percepção de fala (Svirsky, 1998a; Perkell e Guenther, 2003).

Ao longo dos últimos anos, a necessidade em estabelecer parâmetros precisos e capazes de prever o resultado de um tratamento específico tem crescido (Fitzpatrick, McCrae e Schramm, 2006). Os estudos de produção de fala de crianças com IC têm abordado os inventários consonânticos e efectuado análises fonéticas e acústicas que estão na base de determinados tipos de actividade verbal oral (Osberger, 1992; Svirsky, 1998a; Serry e Blamey, 1999; Dillon et al., 2002; Chin, 2003; Perkell e Guenther, 2003; Geers, 2004; Lane, 2005; Peng, Spencer e Tomblin, 2005; Bakhshaei et al., 2007; Guenther, Perkell e Villacorta, 2007; Nicolaidis e Sfakiannaki, 2007; Nitttrouer, 2007; Melo, Bevilacqua e Moret, 2008). Esses estudos têm levantado questões de natureza científica que possuem uma aplicabilidade real no processo de intervenção terapêutica.

Este estudo será orientado para a análise das propriedades acústicas presentes nas vogais, oclusivas e fricativas, uma vez que estes sons da fala são muito susceptíveis a alterações de percepção/produção em crianças com implantes cocleares (Serry e Blamey, 1999). Desta forma, pretende-se realizar um estudo da produção de fala em crianças com surdez profunda que usam implantes cocleares e apresentam problemas de articulação e fala relacionados com o seu défice auditivo. Desta forma é fundamental desenvolver medidas relativas à produção de fala, uma vez que estas permitem avaliar de forma concreta a evolução da criança face à intervenção implementada.

A análise dos conteúdos presentes no ponto anterior aponta desde logo para uma multiplicidade de factores a ter em conta para este estudo: trabalhos de produção de fala com crianças implantadas; análise de formantes em vogais; análise de oclusivas e fricativas; análise de traços mínimos de fonemas; e investigação sobre fenómenos fisiológicos no mecanismo de produção da fala.

## **1.2. Produção e Percepção de Fala**

Actualmente é largamente aceite que as propriedades do sistema de produção de fala foram influenciadas pelo inventário de sons que as línguas empregam mas também pelas estratégias que estas usam para concatenar fonemas, formando sequências com significado (Perkell et al., 2007). Muitos dos trabalhos de investigação (Serry e Blamey, 1999; Perkell et al., 2007) sobre o controlo motor da fala foram direccionados no sentido de identificar as

*variáveis controláveis*, isto é, as unidades básicas que permitem a programação motora da fala.

Num acto de fala, o objectivo do locutor passa pela produção de sequências sonoras com propriedades acústicas que possam ser transformadas em sensações auditivas inteligíveis por parte do seu interlocutor (Perkell et al., 2007). Estas propriedades consistem, no caso das vogais e semi-vogais, em formantes que variam com o tempo, e nas consoantes com ruído transitório, intervalos de silêncio, ruído de aspiração e fricção, e transições rápidas de formantes (Perkell et al., 2007). Estas propriedades acústicas são determinadas por parâmetros que podem ser observáveis e quantificáveis: níveis de tensão muscular, movimentos dos articuladores, mudanças no tracto vocal e processos aerodinâmicos. Hipoteticamente, as variáveis que determinam o controlo motor podem consistir da combinação entre os vários parâmetros descritos anteriormente.

O objectivo final da articulação verbal oral é a activação de zonas sensitivas do cérebro: auditivas e somatosensoriais (Perkell e Guenther, 2003). Nesta perspectiva existe uma relação de “muitos-para-um”, isto é, a articulação de um som pode ser feita de várias formas e mesmo assim ser reconhecida pelo cérebro como sendo aquele som específico (Perkell e Guenther, 2003). Apesar de existirem vários modelos sobre os mecanismos de produção e percepção da fala, adoptamos o apresentado na Figura 1, uma vez que procura explicar como se formam as representações acústicas cerebrais e de que forma elas podem ser influenciadas por mecanismos de “feedback”, que por sua vez irão alterar os padrões de fala do indivíduo. Apesar de uma criança surda pré-linguística não poder desenvolver essas representações, a colocação do IC permitir-lhe-á desenvolver, com uma taxa de sucesso variável, as interacções descritas anteriormente. No DIVA (Directions Into Velocities of Articulators), apresentado na Figura 1, existem dois sistemas de controlo: o sistema “feedforward” e o sistema “feedback”. Os controlos de “feedback” detectam erros e permitem a correcção dos mesmos, melhorando os mecanismos automáticos de “feedforward” (Perkell e Guenther, 2003). À medida que o discurso é adquirido e se torna mais fluente, os sons da fala, sílabas e palavras são codificadas como sequências automáticas do sistema de “feedforward” (sequências que já não dependem do “feedback auditivo”). Este modelo é importante para o estudo que irá ser realizado uma vez que esquematiza o processo de produção e percepção de fala, permite identificar e explicar as

dificuldades apresentadas pelas crianças surdas e será útil para verificar as interações entre os dois mecanismos de controlo.

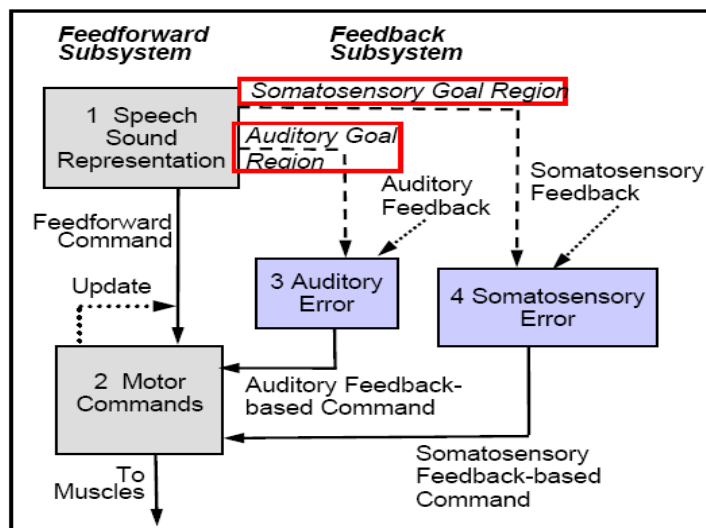


Figura 1: Modelo Directions Into Velocities of Articulators (DIVA). De Perkell (2007).

O modelo DIVA permite inferir quais os mecanismos inerentes à produção e percepção da fala. É fundamental operacionalizar este modelo tendo como base o IC (desta forma perceber como funcionam os mecanismos de “feedback/feedforward” e a importância das pistas acústicas no processo de produção de fala). De forma a melhorar o conhecimento sobre a tecnologia inerente aos implantes é necessário desenvolver estudos sobre os mecanismos de produção e percepção da fala. O desenvolvimento dessa tecnologia bem como o uso de novos métodos de análise acústica e articulatória trarão benefícios a nível terapêutico.

### 1.3. Medir a produção de fala

Numa situação ideal, a medição da produção de fala deve conter dados acústicos, aerodinâmicos, articulatórios e funcionais. A aquisição simultânea destes dados permite a formulação de conclusões mais pertinentes e completas.

Para cada um dos dados referidos deve existir um planeamento cuidado que permita controlar as variáveis. As características acústicas dos sons da fala são determinadas pela tensão muscular, movimentos das estruturas e alteração do comprimento das fibras musculares, a forma do tracto vocal, interacções aerodinâmicas e aeromecânicas e as propriedades acústicas dos sons produzidos (Perkell e Guenther, 2003; Perkell et al., s.d.). Em relação à articulação verbal oral deve ter-se em conta quais as regiões acústicas/auditivas que se pretendem atingir, os possíveis fenómenos de coarticulação, destreza motora e os possíveis efeitos de saturação (Perkell, 2007).

Neste trabalho pretendem-se analisar vários dados acústicos relativos à produção de fones vocálicos e consonânticos (fricativas), e à produção de voz. Os dados irão ser complementados com informação fornecida pelo sinal de Electroglotografia (EGG). A introdução do sinal de EGG fornecerá nova informação que ajudará na análise de determinados fenómenos (e.g., presença/ausência de vozeamento nos fones vozeados).

#### **1.4. Organização da Dissertação**

Esta Dissertação é constituída por cinco capítulos. No presente capítulo, Introdução, procurou-se referir a pertinência do estudo e enquadrá-lo no âmbito do Mestrado em Ciências da Fala e da Audição e da prática profissional de Terapia da Fala, através de uma breve revisão teórica. No segundo capítulo é feita uma revisão da literatura sobre a produção de fala em crianças com IC, inteligibilidade e qualidade vocal da criança surda. No Capítulo 3 realizou-se uma descrição detalhada da metodologia por detrás da construção do corpus, o modo de operacionalização do mesmo e os procedimentos realizados para proceder à análise dos dados obtidos. Os resultados obtidos são apresentados e analisados no Capítulo 4. No último capítulo os resultados descritos anteriormente são relacionados e apresentam-se as conclusões, bem como propostas de trabalho futuro.





## Capítulo 2. Revisão da Literatura

### 2.1 Introdução

Neste capítulo faz-se uma revisão bibliográfica detalhada sobre vários aspectos que caracterizam a fala das crianças surdas. Numa primeira fase descrevem-se vários estudos sobre a produção de fala de crianças com Implante Coclear (IC). Esses estudos incluem análises detalhadas sobre vários aspectos segmentais e supra-segmentais característicos desta população. Seguidamente, define-se inteligibilidade, procura-se relatar algumas investigações realizadas junto da população surda e determinam-se os passos necessários para proceder a um estudo de inteligibilidade. Finalmente, faz-se o levantamento de vários estudos cujos tópicos se relacionam com a qualidade vocal de pessoas com perda auditiva.

### 2.2 Produção Verbal Oral em Crianças com Implante Coclear

Um grande número de estudos (Svirsky, 1998a) realizados em crianças com IC foi orientado para a análise de propriedades fonológicas. Oster (1990), após analisar e compilar vários estudos elaborou um esquema em que identificava os desvios segmentais e suprasegmentais, mais comuns, do discurso surdo (ver Tabela 1).

*DEVIATIONS ON THE SEGMENTAL LEVEL:*  
 VOWEL REDUCTION  
 VOICING ERRORS  
 NASALIZATION  
 SUBSTITUTION OF FRICATIVES  
 REDUCTION OF FINAL CONSONANTS

*RHYTHM:*  
 PAUSING-ERRORS  
 SLOW TEMPO  
 NO CONTRAST IN VOWEL QUANTITY  
 LENGTHENING OF SEGMENTS  
 STRESS ERRORS  
 INSERTIONS OF CENTRAL VOWELS

*PITCH AND VOICE-QUALITY:*  
 RESTRICTED FREQUENCY-RANGE  
 VOWEL-DEPENDENT FUNDAMENTAL FREQUENCY  
 HIGH PITCH  
 TENSED VOICE  
 BREATHY VOICE  
 UNNATURAL INTENSITY VARIATIONS

Tabela 1: Inventário das alterações gerais que ocorrem na fala de sujeitos com perda auditiva. De Oster (1990).

A investigação sobre a produção de fala de crianças com IC, mostrou que embora tenham performances significativamente inferiores, comparativamente com crianças normo-ouvintes, a sua produção de fala bem com o desempenho linguístico geral melhoravam notoriamente após a colocação do implante (Carter, Dillon e Pisoni, 2002). Os estudos (Tobey et al., 1994b; Svirsky, 1998a; Rabin-Kishon et al., 1999; Chin, 2003; Ertmer, Strong e Sadagopan, 2003; Tobey et al., 2003; Whitehead et al., 2003; James et al., 2005; Nicolaidis e Sfakiannaki, 2007; Melo et al., 2008) já realizados centraram-se essencialmente nos aspectos segmentais do sistema fonológico: crianças com IC tendiam a produzir com maior taxa de sucesso as vogais do que as consoantes. Em relação às consoantes também se identificaram as seguintes tendências: percentagem de produção correcta era superior para as oclusivas do que nas fricativas e as labiais eram produzidas de forma mais precisa do que as não-labiais (Carter et al., 2002). Por sua vez, a aquisição da capacidade para perceber e produzir vozeamento não é um aspecto que tenha sido descrito de forma uniforme. Há estudos (Tobey et al., 1994a) que indicaram que as crianças implantadas, durante os primeiros três anos após a colocação do aparelho, melhoraram a produção de fricativas não vozeadas e de oclusivas vozeadas e não vozeadas. Por outro lado, surgiram relatos (Serry e Blamey, 1999) de que as consoantes vozeadas emergiam mais cedo e as crianças pareciam “preferir” a produção destes sons aos não vozeados.

Antes de se fazer uma análise mais detalhada dos aspectos segmentais e suprasegmentais, é importante referir que estes dois aspectos contribuem de forma distinta para a inteligibilidade da fala. Num estudo elaborado por Oster (1990), constatou-se, para dois sujeitos, que a inteligibilidade da fala aumentava com a presença de um desvio prosódico: ritmo lento (“slow tempo”). Este facto ocorreu, provavelmente, devido ao maior tempo de análise dado ao ouvinte para descodificar a mensagem. A combinação do ritmo lento com uma articulação segmental segura tornava o discurso pouco natural mas perceptível (Oster, 1990).

Vários investigadores constataram que as alterações segmentais eram a razão principal para a diminuição da inteligibilidade da fala (Oster, 1990; Osberger, Robbins e Berry, 1991; Osberger, 1992). Os desvios suprasegmentais teriam um papel de menor relevância para a compreensão do discurso. A correcção de erros na articulação é, provavelmente, fundamental para a obtenção de melhores índices de inteligibilidade. Os

avanços obtidos nos vários elementos prosódicos não justificam, por si só, um ganho imediato na inteligibilidade (poderá melhorar a naturalidade e qualidade geral da fala).

### **2.2.1 Aspectos Suprasegmentais**

Os estudos relativos aos aspectos suprasegmentais são escassos. No estudo realizado por Tobey et al. (1994) elaborou-se um protocolo de imitação de sílabas. Estas foram produzidas de acordo com o contexto comunicativo apresentado. Em relação aos aspectos suprasegmentais realizou-se uma análise relativa à duração, intensidade, Frequência Fundamental (F0) e controlo do fluxo de ar (além de uma análise geral relativa à qualidade vocal). Os resultados apresentados mostraram que a produção dos aspectos referidos anteriormente melhorou significativamente após a implantação (Tobey et al., 1994a).

Os estudos sobre o desenvolvimento prosódico de crianças com IC podem trazer novas informações sobre o seu percurso de descoberta fonológica e permitir a comparação com os processos que ocorrem nas crianças normo-ouvintes.

São vários os estudos de referência que se centraram na análise dos aspectos suprasegmentais. Kirk e Brown (1985) realizaram estudos de produção de fala em crianças com IC monocanal. A produção de fala foi avaliada de forma imitativa (usando a “Phonetic Level Speech Evaluation”, um instrumento de avaliação desenhado para monitorizar, continuamente, um conjunto de comportamentos verbais que reflectem aquisições específicas de acordo com a faixa etária) e espontaneamente (também usando a “Phonological Level Speech Evaluation”). Em relação à produção imitativa do discurso avaliaram-se aspectos suprasegmentais (duração da vocalização, intensidade vocal e a F0) e segmentais (propriedades das vogais, ditongos e consoantes). Na produção espontânea do discurso os aspectos suprasegmentais avaliados foram o controlo da respiração, controlo da intensidade sonora, controlo da F0, entoação, duração das vogais, duração das consoantes e ênfase. Os aspectos segmentais avaliados foram idênticos aos do discurso imitativo. Realizaram-se as avaliações, do discurso espontâneo e imitativo, em dois momentos: pré-implante e 6 meses após a colocação do IC. Os resultados indicaram, que 6 meses após o implante, as crianças melhoraram na imitação de aspectos segmentais e suprasegmentais da fala (Kirk e Hill-Brown, 1985). Para a produção espontânea da fala também se identificaram as mesmas tendências.

Carter et al. (2002) investigaram a capacidade de imitação prosódica de crianças com IC. Para tal desenvolveram um protocolo de avaliação baseado na repetição de não

palavras. Com este corpus propuseram-se analisar a reprodução correcta do número de sílabas e a localização da ênfase (acentuação silábica). Para o efeito foram estudadas as produções de crianças implantadas (8 a 10 anos) com alguma experiência (tempo) de utilização do aparelho. A necessidade de falantes experientes advinha da natureza complexa da tarefa, dado que era necessário que a criança realizasse vários processos aquando da imitação: análise auditiva, descodificação linguística, armazenamento da não-palavra na memória a curto prazo, planeamento articulatorio e produção de fala, e execução sem qualquer tipo de apoio visual (Carter et al., 2002). De acordo com os resultados as crianças revelaram valores de exactidão fonológica muito baixos. Apenas 5% das repetições foram avaliadas como correctas (sem a presença de nenhum tipo de erro de reprodução ou acentuação silábica). Se a análise tivesse em conta apenas a reprodução de aspectos suprasegmentais verificou-se que a taxa de sucesso subiria para os 45%. Ao analisar cada um dos aspectos alvo deste estudo estabeleceu-se uma taxa de sucesso de 64% para a correcta reprodução silábica e de 61% para a acentuação (ênfase). Verificou-se uma tendência para melhores resultados na repetição de palavras de menor extensão e cuja acentuação se encontra na primeira sílaba. Analisando estes indicadores foi possível concluir que as crianças reproduziram de forma mais eficaz os aspectos suprasegmentais do que os componentes segmentais.

### **2.2.2 Aspectos Segmentais**

A ênfase de estudos (Dillon et al., 2002) relativos aos aspectos segmentais, em crianças com IC, têm variado de acordo com os seus objectivos e abordagens: as amostras de fala foram obtidas através da colaboração de um utilizador de implante e de grupos de sujeitos com ou sem IC; as amostras de fala podem ser espontâneas, provocadas ou imitadas; os estímulos alvos incluem palavras, frases, não-palavras (que variam em dimensão, estrutura silábica e conteúdo segmental) e sílabas isoladas; as amostras de fala têm sido trabalhadas de diversas formas, enfatizando aspectos suprasegmentais (entoação, duração e intensidade) e/ou segmentais (eficácia e correcção da produção de vogais e/ou consoantes, em vários contextos de produção).

### 2.2.2.1 Desenvolvimento Pré-Lexical

Adi-Bensaid e Bat-El (2004) analisaram o desenvolvimento da “palavra prosódica” em crianças com IC falantes de Hebreu. Os dados foram recolhidos ao longo de 38 sessões, desde 1 ano e 5 meses (1;5) até 3 anos e 4 meses (3;4), usando fala espontânea e nomeação de imagens simples. Os resultados obtidos foram comparados com os valores standard para as crianças normo-ouvintes. As comparações revelaram que o desenvolvimento da palavra prosódica ocorre dentro da normalidade, quer ao nível do trajecto de crescimento como da idade. Contudo, identificaram a presença de dois fenómenos no discurso dos falantes surdos que não ocorrem no Hebreu falado por normo-ouvintes: palavras mono e dissilábicas que consistem apenas de vogais e um inventário vocálico que inclui vogais alongadas (Adi-Bensaid e Bat-El, 2004). Adi-Bensaid e Bat-El (2004) sugerem que estes fenómenos são aspectos remissivos da fase de balbucio.

Os estudos têm incidido cada vez mais em crianças novas, abordando as fases de desenvolvimento pré-lexical. Schauwers et al. (2004) efectuaram um estudo linguístico, comunicacional e audiológico de uma criança que colocou dois implantes aos 5 e 15 meses de idade, respectivamente. Este é um estudo inovador devido ao “timing” de colocação dos implantes. Ao fazê-lo nesta altura, criaram-se mais oportunidades para ocorrer um desenvolvimento sustentado dos sistemas neurológicos auditivos. Um dos objectivos do estudo era analisar o balbucio pré-lexical, uma vez que este é determinado, em parte, pela estimulação auditiva nos primeiros anos de vida (Schauwers et al., 2004). A criança foi seguida desde o nascimento até aos 4 anos, tendo sido realizadas várias avaliações: audiológicas, linguísticas e descritivas. Os resultados foram comparados aos valores de referências para as crianças normo-ouvintes belgas. Obtiveram-se os seguintes dados:

- A performance audiológica situava-se na média ou acima dela, a partir dos 2 anos de idade;
- As capacidades linguísticas aumentaram dos percentis mais baixos antes dos 2 anos, para valores acima da média para a compreensão (acima dos 2 anos) e produção (acima dos 3 anos). A inteligibilidade e as capacidades gramaticais atingiram valores médios aos 4 anos;
- A criança começou a balbuciar na idade normal (8 meses).

Em relação ao balbucio foi feita uma análise da qualidade de produção, i.e., modos de articulação produzidos (ver Figura 2). A qualidade do balbucio, de crianças normo-ouvintes e com perda auditiva (sem IC), difere na produção de padrões similares a oclusivas e fricativas: as crianças com déficit auditivo (sem IC) produzem mais padrões similares a fricativas e menos similares a oclusivas comparativamente com os normo-ouvintes (Schauwers et al., 2004). Na comparação entre estes dois grupos também se verificou uma maior produção de sons nasais e menor produção de ditongos (crianças com perda auditiva sem IC). Para todas estas características distintivas, a criança em estudo revela tendências ajustadas às verificadas nas crianças normo-ouvintes do estudo de Von Hapsburg (2003): maior produção de oclusivas e ditongos, e menor produção de nasais e fricativas.

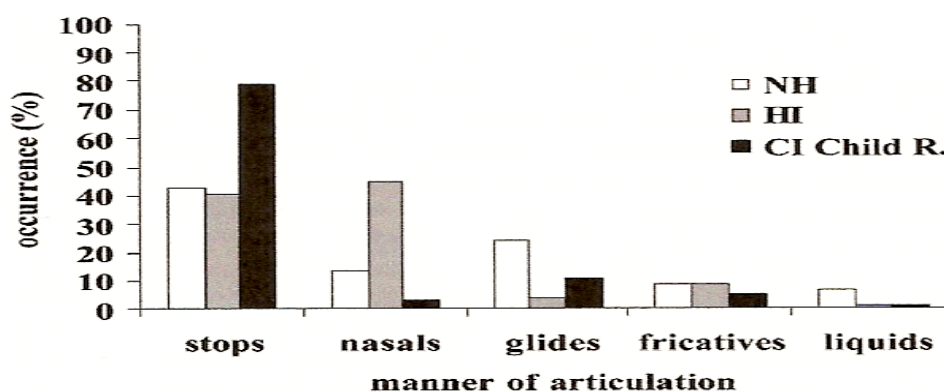


Figura 2: Percentagem de ocorrência de diferentes tipos de padrões de consoantes, até à produção da primeira palavra (“NH – Normal Hearing Children; HI – Hearing Impaired Children; CI – Cochlear Implanted Children”). De Schauwers (2004).

A natureza e o tipo de erros de produção, bem como a sua permanência, são consequência directa da perda auditiva e da influência da leitura de fala na percepção do discurso. A criança normo-ouvinte usa processos de simplificação da fala durante um curto período de tempo mas a criança com perda auditiva persiste no uso destes processos (Oster, 1990).

#### 2.2.2.2 Desenvolvimento Segmental: Vogais

Lane et al. (2001) realizaram um estudo em que foram analisados os fenómenos de coarticulação numa amostra de surdos adultos pós-linguísticos tendo como base a hipótese

de que a presença de audição facilita a coarticulação (na sua ausência os fenómenos coarticulatórios seriam menos frequentes). O valor de coarticulação foi indexado à percentagem da frequência de F2 no ponto médio da vogal que já tinha sido atingida no início da vogal. As durações de vogais e sílabas e o espaço das vogais (F1-F2), também foram determinados de forma a avaliar a sua influência na alteração dos padrões de coarticulação. Outra das variáveis que se pretendia analisar era o tamanho do espaço das vogais. De acordo com a literatura este espaço é mais pequeno do que o normal nas pessoas com perda auditiva.

Foram realizadas três sessões de gravação, antes da activação do IC, e cinco gravações após a activação do processador de fala em intervalos de 0, 4, 12, 24 e 48 semanas. Na fase pós-implante os testes foram realizados sem a presença do sinal acústico providenciado pelo IC. O material usado consistia em oito vogais do Inglês Americano, antecidas pela consoante oclusiva bilabial vozeada /b/<sup>1</sup> e pela consoante oclusiva alveolar vozeada /d/, na seguinte frase-suporte: “Say /bVt/ again” ou “Say /dVt/ again”. As vogais escolhidas foram /i/, /I/, /E/, /6/, /a/, /o/, /O/ e /u/ (Lane et al., 2001).

Para determinar a relação entre a frequência de F2 no início da vogal e no ponto médio da vogal, designado por *coeficiente de coarticulação (C)*, utilizou-se a seguinte fórmula (Lane et al., 2001):

$$C = 100 - \text{abs} [100 - (100 \times F2 \text{ início da vogal} / F2 \text{ ponto médio da vogal})]$$

Para conseguir quantificar as diferenças de tamanho no espaço das vogais, foi medido o espaço médio das vogais (“Average Vowel Space” – AVS). Usaram-se as distâncias Euclidianas obtidas através do plano F1-F2 entre todos os 28 pares possíveis (dado que existem 8 vogais). Para realizar este cálculo usou-se a fórmula seguinte:

$$AVS = \frac{2}{n(n-1)} \left\{ \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=j+1}^n [(F1_i - F1_j)^2 + (F2_i - F2_j)^2]^{1/2} \right\}$$

Os resultados das duas últimas sessões após a activação do IC revelaram uma redução significativa do AVS, na ordem dos 6% para o contexto /bVt/ e 10% para as vogais no contexto /dVt/.

<sup>1</sup> Nesta Dissertação será adaptado em todas as transcrições o alfabeto fonético SAMPA. (Wells, 1997).

Nas fases de pré e pós implantação, verificaram-se médias 10% mais baixas no contexto /dVt/ do que no /bVt/ para o valor da frequência de F2 no início da vogal. De uma forma geral as sílabas /bVt/ apresentaram esquemas de coarticulação reduzidos e assimétricos, enquanto em /dVt/ havia um aumento de coarticulação na ordem dos 3% face à outra sílaba. O *coeficiente de coarticulação*, antes e depois da colocação do implante, rondava os 90%. Concluiu-se que os sujeitos deste estudo coarticulavam extensivamente apesar da perda auditiva profunda. Não foram pois encontradas padrões de coarticulação diferentes em função da capacidade auditiva dos sujeitos.

Verificou-se que as durações das vogais dos sujeitos em estudo continuavam maiores comparativamente com a população normo-ouvinte. Dado que maiores durações silábicas são características de uma fala clara, estes resultados sugerem que um ano após a colocação do implante os sujeitos estariam provavelmente a maximizar a inteligibilidade do seu discurso, falando mais devagar.

### **2.2.2.3 Desenvolvimento Segmental: Consoantes**

#### **2.2.2.3.1 Modo de Articulação: Oclusivas e Fricativas**

Osberger (1991) verificou que as crianças com implante produziam com maior taxa de sucesso as oclusivas bilabiais e a nasal /m/, seguidas pelas oclusivas alveolares e velares, sendo que depois surgiam as fricativas, líquidas e as semi-vogais.

Tobey (1991) realizou um estudo que tinha como objectivo correlacionar a produção de consoantes em função da idade, em crianças candidatas a IC. As avaliações foram realizadas antes da colocação do IC e um ano depois. As crianças foram divididas em 4 grupos em função da idade: menos de 5 anos, 6-8 anos, 9-11 anos, e 12 ou mais. Os resultados preliminares indicaram a existência de um efeito significativo do factor idade na produção das consoantes. Sendo que uma percentagem significativa de crianças do grupo mais velho produziu oclusivas, fricativas e nasais de forma mais consistente em comparação com os outros grupos. Em todos os grupos etários, e de forma significativa, existiu uma produção mais rica e variada de consoantes (após o IC). As crianças produziram mais oclusivas vozeadas do que não vozeadas e havia uma maior produção de oclusivas “visíveis” (bilabiais) em relação às “menos visíveis” (alveolares e velares).



Contrariamente, as fricativas não-vozeadas foram produzidas por muito mais crianças do que as vozeadas, sendo as labiodentais as mais produzidas (Tobey, 1991).

Peng et al. (2004) investigaram os inventários de consoantes em posição inicial de sílaba em crianças com IC que falavam Mandarim. Pretendiam correlacionar o nível de «mestria» das crianças na produção de consoantes com as suas competências linguísticas (expressivas e receptivas). As competências linguísticas foram avaliadas através do “Peabody Picture Vocabulary Test” (Dunn e Leota, 1981), que avalia o reconhecimento de palavras e o vocabulário passivo) e do “Assessment of Preschool Language Disorders” (Lin e Lin, 1993), que avalia as capacidades de expressão e compreensão linguística. Para avaliar a produção de consoantes foi efectuada uma actividade de nomeação com 105 imagens. Avaliaram 30 crianças surdas pré-linguísticas com idades compreendidas entre 6 e 12 anos. Relativamente ao modo de articulação as oclusivas foram produzidas correctamente em maior percentagem, enquanto as nasais, fricativas, africadas e laterais obtiveram percentagens de sucesso inferiores. Os coeficientes de correlação, calculados com os dados brutos das competências linguísticas e da actividade de nomeação, demonstraram a existência de uma relação significativa entre as competências para a produção das consoantes e os resultados obtidos nas escalas de avaliação (Peng et al., 2004). Esta relação permite salientar que a produção específica de consoantes em posição inicial de sílaba está correlacionada positivamente com as capacidades linguísticas de compreensão e expressão. De uma forma geral, a relação descrita anteriormente também se manteve para o discurso espontâneo.

Tobey, Geers e Brenner (1994) analisaram a produção de fala de três grupos de crianças (IC, ajudas tácteis e próteses auditivas). As crianças foram seleccionadas tendo em conta idade, perda auditiva, Quociente de Inteligência (QI), apoio familiar e competências de fala e linguísticas (Tobey et al., 1994b). Inicialmente, para a produção de discurso imitativo, todos os grupos tinham resultados similares. Mas após 3 anos de uso dos aparelhos e de frequência em Terapia da Fala, conseguiu-se observar que os grandes atrasos surgem ao nível da produção das fricativas. Estes resultados estão em consonância com os de Stelmachowicz et al. (2004). Neste último estudo também foram evidentes os grandes atrasos que surgem ao nível da produção de fricativas em crianças surdas.

#### 2.2.2.3.2 Relações entre Modo, Ponto e Vozeamento

Dawson et al. (1995) relataram o resultado de um estudo de produção que envolvia a participação de dez crianças que ficaram surdas antes dos cinco anos de idade e que tinham experiência de implante entre 1 e 5 anos. O procedimento deste teste consistia na nomeação de imagens que continham palavras alvo de forma a evocar a produção de consoantes em posição inicial, medial e final. Os resultados mostraram a existência de diferenças individuais entre crianças. Contudo, também foi possível identificar uma tendência geral: em relação ao modo de articulação, a produção correcta das africadas era menos frequente comparativamente às oclusivas, nasais e fricativas (Dawson et al., 1995). Em relação ao ponto de articulação, as consoantes labiais, labiodentais e linguodentais foram produzidas com maior taxa de sucesso do que as mediais (alveolares e palatais) e posteriores (velares e glotais). Em relação ao vozeamento, Dawson et al. (1995) verificaram que 60% das consoantes não vozeadas e 40% das consoantes vozeadas eram produzidas correctamente.

Sehgal (1998) estudou a produção de consoantes de dez crianças surdas com tempo de experiência de implante coclear que se situava entre 1 e 3 anos. Neste teste era necessário proceder à imitação de 60 sílabas sem significado, que continham 20 consoantes. Sehgal (1998) descobriu uma produção mais efectiva das consoantes bilabiais em relação aos outros pontos de articulação. As africadas tinham uma taxa de reprodução inferior em relação a todos os outros modos de articulação. Analisando todos os dados do estudo, verificaram-se as seguintes taxas de sucesso: 62% para a reprodução do modo de articulação; 65% para a reprodução do ponto de articulação e 62% para a distinção de vozeamento (Sehgal, 1998).

Dillon et al. (2002) estudaram o processamento fonológico de 24 crianças surdas pré-linguísticas com idades entre os 8 e 9 anos (com experiência no uso do IC). Foi realizada uma tarefa de repetição de não-palavras que foram apresentadas às crianças sob a forma de gravação áudio. As palavras estavam equilibradas em relação ao número de sílabas mas não em relação aos padrões CV (aspectos consonânticos e vocálicos e padrões de acentuação silábica). As crianças apenas conseguiram produzir correctamente 5% das não-palavras. Analisando as consoantes é possível verificar que estas foram produzidas com uma taxa de sucesso de 39%. As taxas de sucesso encontradas, para os vários parâmetros, nas diferentes consoantes foram as seguintes: 56% de consoantes repetidas que

respeitavam o modo; 61% de consoantes com o ponto de articulação repetido correctamente e 66% das repetições tinham o vozeamento adequado. As crianças parecem produzir mais correctamente as distinções de vozeamento do que os aspectos relativos ao ponto e modo de articulação. Estes resultados parecem ser consistentes com os revelados por Chin (1997): uma taxa de sucesso na reprodução do vozeamento de consoantes de 56%; uma taxa de sucesso na repetição do ponto de articulação de 48%; uma taxa de sucesso na repetição do modo de articulação de 40% (Chin, 1997). Em relação ao modo de articulação verificou-se que as oclusivas, fricativas, nasais e líquidas foram produzidas com o mesmo nível de exactidão (entre 51% e 58%). Analisando o ponto de articulação, salienta-se a maior proporção de exactidão para as coronais em detrimento das labiais. Finalmente, na produção de consoantes vozeadas e não vozeadas constatou-se a mesma taxa de exactidão (66%).

#### 2.2.2.3.3 Aspectos Acústicos

As diferenças de vozeamento expressas pelo «Voice Onset Time» (VOT) representam um contraste acústico e articulatorio complexo e muito difícil de ser produzido por crianças com perda auditiva (Svirsky, 1998a).

Tobey et al. (1994) mediram o VOT em 18 crianças francesas que tinham IC colocado há dois anos. As medidas foram feitas com o implante ligado e desligado. Quando o processador estava ligado as crianças produziram VOTs mais apropriados e o contraste de vozeamento era mais pronunciado (Tobey et al., 1994a). Em relação às formantes das vogais também se verificaram melhorias, quando o processador de fala estava ligado.

Tye-Murray et al. (1996) concluíram que nas experiências com o processador ligado/desligado, contrariamente ao estudo de Tobey et al. (1994), as diferenças (formantes das vogais, amplitude média e frequência fundamental) não eram estatisticamente significativas, em função do estado do processador.

#### 2.2.2.4 Mecanismos de Fluxo de Ar e Fonação

Os falantes com perda auditiva não conseguem efectuar um controlo eficaz da respiração (Oster, 1990). Usam demasiado ar por sílaba e têm dificuldades no controlo pneumo-fonoarticulatorio. O controlo oral/nasal inapropriado também é característico do discurso

de crianças com surdez profunda. A presença de hipernasalidade nestes casos deve-se ao facto de não ser atingida ou mantida uma obstrução velo-faríngea correcta durante a produção de fala (Svirsky, 1998a).

Svirsky e Jones (1998) observaram um melhor controlo velo-faríngeo em crianças implantadas. Neste estudo a nasalidade foi avaliada com os implantes cocleares ligados e desligados. Uma das condições era proceder à avaliação da nasalidade a curto termo, isto é passados alguns minutos do IC estar ligado ou desligado. As crianças deste estudo foram testadas numa primeira fase com o IC ligado e num segundo tempo em que o IC tinha estado desligado durante 1 hora. Leram três passagens (uma com uma grande proporção de consoantes nasais, outra sem consoantes nasais e uma passagem mista com consoantes orais e nasais) e a razão entre a energia acústica e nasal foi medida com um Nasómetro. As crianças com IC desligado revelaram padrões de controlo nasal inadequados e de extrema variabilidade. De uma forma geral, os valores estavam perto do normal quando o IC estava ligado. No final deste trabalho, Svirsky e Jones (1998) chegaram à conclusão que para haver um controlo oral/nasal eficaz teriam que ser satisfeitos dois pré-requisitos: o utilizador beneficiaria se tivesse tido acesso à fala durante determinados períodos críticos do seu desenvolvimento linguístico e o ganho obtido com o IC teria que ser suficientemente rico que permitisse reformular o modelo fonológico interno. Levantaram-se então duas hipóteses relacionadas com o facto das crianças com IC ligado obterem variações mais consentâneas com as apresentadas pelas crianças normo-ouvintes (Svirsky, 1998b). A hipótese de “feedback” postulava que a tomada de consciência do seu discurso permitiria à criança calibrar as estratégias articulatórias usadas para controlar a nasalidade. A hipótese indirecta afirmava que as mudanças no controlo da nasalidade deviam-se à alteração de outros parâmetros articulatórios (como por exemplo o débito articulatório).

Svirsky, et al. (1996) conduziram um estudo que explorava a capacidade de crianças implantadas produzirem oclusivas bilabiais intervocálicas. Foram obtidas medidas relativas à duração da oclusão e ao pico de pressão intraoral durante a oclusão. Estas medidas foram comparadas com um grupo de controlo composto por crianças normo-ouvintes. Para todos os sujeitos (normo-ouvintes e com IC) a duração da oclusão do /p/ era significativamente maior à do /b/. Normalmente, num locutor normo-ouvinte, o /p/ é produzido com maior pressão intraoral do que o /b/. Quando o IC estava ligado o máximo de pressão para o /p/ era mais baixo e estava mais perto do normal, mas os valores de

pressão para o /b/ eram superiores. Apenas quando o IC estava desligado é que os valores se comportaram de forma normal (de acordo com os dados para a população normo-ouvinte). Estas discrepâncias poderiam estar relacionadas com um maior “feedback” auditivo e com adaptações específicas ao nível do tracto vocal: aquando do vozeamento de determinadas palavras do corpus, as crianças aumentavam a pressão intraoral para poderem produzir a sensação de vozeamento que agora percepcionavam (Svirsky, Jones e Osberger, 1996).

## 2.3 Inteligibilidade

A inteligibilidade da fala de crianças com perda auditiva tem sido estudada exaustivamente ao longo dos anos (Osberger, 1992). Este tem sido um tópico de grande interesse, para profissionais e pais, uma vez que os dados relativos à inteligibilidade fornecem indicações sobre a viabilidade da comunicação verbal oral nestas crianças.

A maior parte dos trabalhos de investigação define a inteligibilidade como sendo uma medida de performance (Osberger, 1992; ANSI, 1997; Oster, 2002; Wilkinson e Brinton, 2003). Segundo esta perspectiva, obtém-se um resultado percentual para a inteligibilidade, ou a atribuição de uma classificação numérica para uma amostra de fala. As vantagens desta orientação residem no facto de permitir a análise de dados provenientes de grupos e fornecer informação descritiva muito importante. A limitação decorrente é a de que não se obtém nenhuma informação sobre as razões implícitas que estão na base da redução de inteligibilidade.

Com a evolução dos procedimentos tem-se apostado em perspectivas que contemplem maior informação diagnóstica (e não estejam tão centradas na obtenção de um valor numérico descritivo). Neste sentido procura-se obter mais do que um indicador de funcionamento. A ênfase actual é colocada na análise da capacidade do falante para veicular contrastes fonéticos precisos e na identificação das propriedades acústicas que estão na base desses contrastes (Osberger, 1992; Peng, 2004; Peng et al., 2005; Borghei e Daneshmandan, 2007). Esta informação é necessária para clarificar o entendimento sobre a influência de distorções específicas na inteligibilidade e assistir no desenvolvimento de “software” para a avaliação e treino da fala.

Outro aspecto que tem sido de capital importância, na avaliação da inteligibilidade, é a eficácia comunicativa. Neste contexto, a inteligibilidade é definida como a capacidade

de fazer uso da fala, de forma efectiva, em situações comunicativas do quotidiano. Há, portanto, um contraponto com a visão da inteligibilidade enquanto o resultado do número de respostas certas percebidas por um painel de ouvintes.

Os implantes cocleares são ajudas técnicas indispensáveis à percepção e produção de fala em crianças com surdez pré-linguística, possibilitando, também, a realização do primeiro contacto com o mundo sonoro (ambiental e linguístico) que contribuirá para o desenvolvimento da linguagem verbal oral. Há também que realçar o caso das crianças e adultos com surdez pós-linguística, dado que o IC permitirá um novo contacto com a experiência sonora e providenciará novas experiências linguísticas que poderão alterar os padrões fonológicos criados antes do aparecimento da surdez.

Desde os primeiros estudos (Metz et al., 1980; Kent e Read, 1994) relativos à produção de fala em crianças surdas com implantes cocleares que a análise da inteligibilidade se tornou um tópico fulcral. Essa importância advém da índole social associada ao conceito. Ao analisarmos o esquema de transmissão e processamento de informação apresentado na Figura 3 verificamos que a inteligibilidade da mensagem é fulcral para a interacção e aprendizagem. Chin e Tsai (2002, p. 292) definem inteligibilidade da seguinte forma: *“the degree to which the speaker’s intended message is recovered by the listener”* ou *“the comprehensibility of the specifically linguistic information encoded by a utterance”*.

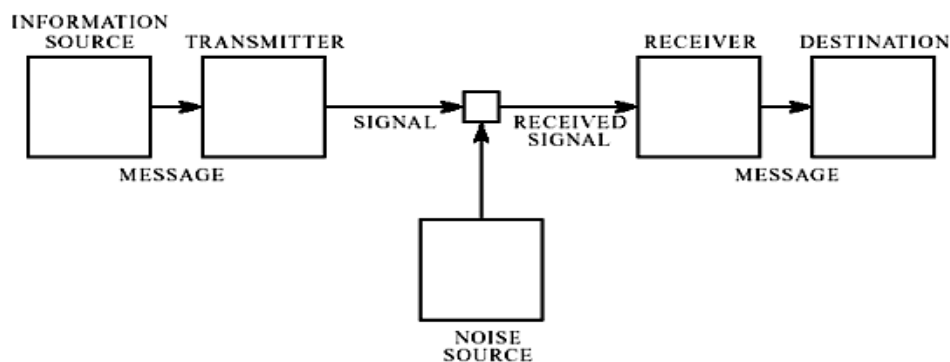


Figura 3: Diagrama esquemático relativo a um sistema de comunicação geral (mensagem verbal oral). De Shannon (1948).

A questão de fundo a ser respondida é se a criança ou adulto conseguem ser entendidos. Esta acarreta consigo um outro conjunto de inquirições, cuja resolução é fundamental para existir uma noção de cientificidade: “Por quem?”; “Durante quanto tempo?”; “A que nível e em que situações?” (Chin e Tsai, 2002).

As medições de inteligibilidade são afectadas, pelo menos, por quatro grandes variáveis, que passaremos a descrever: o material de fala usado, as características dos ouvintes, características dos falantes e competências linguísticas e educacionais.

### **2.3.1 Material de Promoção da Fala**

#### **2.3.1.1 Pistas Contextuais**

O nível contextual e a redundância linguística são as variáveis que foram mais estudadas. A capacidade de um ouvinte perceber a fala degradada (ruído ou filtragem) é melhor quando as palavras estão inseridas numa frase, do que isoladamente (Osberger, 1992). A mesma interacção foi descoberta em estudos nos quais os ouvintes tinham que escutar a fala de informantes com perda auditiva. É possível verificar que na literatura existe uma tendência consistente: os resultados de inteligibilidade são superiores para tarefas com frases do que nas tarefas que envolvem palavras isoladas (Schiavetti, Metz e Sitler, 1981; Osberger, 1992; Osberger et al., 1993; Whitehead et al., 2003; Wilkinson e Brinton, 2003; Peng et al., 2005; Borghei e Daneshmandan, 2007). Quando a fala está degradada, como acontece nas pessoas com perda auditiva, o ouvinte é capaz de usar um conjunto de pistas acústicas e linguísticas para descodificar aquilo que o falante disse (como é natural a frase apresenta um contexto mais rico). Os resultados de vários estudos sobre a inteligibilidade do discurso de pessoas com perda auditiva revelaram as seguintes percentagens de produção correcta (dependente das palavras e frases de suporte usadas): em palavra isolada a inteligibilidade varia entre os 17 e 31%; em frase os valores variam entre os 30 e 50% (Osberger, 1992).

McGarr (1983) procurou examinar a interacção entre o contexto linguístico e a inteligibilidade. Para esse efeito construiu frases com alto grau de previsibilidade (“muito contexto”) e baixo grau de previsibilidade (“pouco contexto”), onde as palavras-chave seriam introduzidas. Desta forma, os resultados para as palavras-chave eram superiores nas situações com “mais contexto”: as classificações obtidas eram 16% superiores (McGarr, 1983).

Sitler et al. (1983) realizaram um estudo similar ao descrito anteriormente. Nesse estudo fizeram uma constatação relevante: a inteligibilidade para as frases era superior à das palavras isoladas apenas para os falantes mais inteligíveis. Nos falantes menos inteligíveis verificou-se que os resultados eram idênticos (Sitler, Schiavetti e Metz, 1983).

Ou seja, a fala dos sujeitos menos inteligíveis era tão degradada que os ouvintes eram incapazes de usar as pistas contextuais necessárias para decodificar o que tinha sido dito.

### **2.3.1.2 Complexidade Sintáctica e Fonológica**

Em relação a este ponto parece não haver grande consenso quanto aos resultados apresentados. A inteligibilidade nas frases, de pessoas com perda auditiva profunda, ronda tipicamente os 20% (Osberger, 1992). Ou seja, apenas uma em cinco palavras ditas são percebidas pelo ouvinte. Contudo, Monsen (1978) divulgou um valor de 76% de inteligibilidade para crianças com perda auditiva profunda. O autor atribui estas diferenças, entre o seu estudo e outros, ao tipo de material usado para promover a produção de fala (Monsen, 1978). As frases usadas nos estudos de Monsen (1978) eram mais curtas, tinham vocabulário familiar e tinham menor complexidade sintáctica.

Num estudo posterior, Monsen (1983) descobriu a existência de uma interacção entre a complexidade da frase e a inteligibilidade geral do falante. O efeito dos grupos consonânticos, polissílabos e complexidade sintáctica era superior para os falantes menos inteligíveis. Também verificou que os resultados de inteligibilidade melhoravam, cerca de 7%, se fossem ouvidas duas apresentações do estímulo (Monsen, 1983).

Na escolha do material deve-se ter em consideração quais os protocolos de produção e o nível de análise linguística (Svirsky et al., 1999). Nos protocolos de produção faz-se a distinção entre discurso espontâneo e discurso lido/repetido. No primeiro caso existe uma carga contextual inerente, sendo usadas imagens como base para uma descrição ou para contar uma história. No discurso lido ocorre a leitura/repetição de palavras ou frases completas. Quanto ao nível de análise linguística, as unidades de análise são palavras e frases. As palavras podem ser testadas isoladamente ou em contexto de frase ou enunciado (neste caso a classificação é feita através da definição de palavras chave). Quando a frase é foco de análise, os observadores têm que ouvir todas as palavras correctamente.

### **2.3.2 Características do Ouvinte**

Um dos aspectos mais importantes que influenciam os resultados dos estudos de inteligibilidade é a experiência do ouvinte em relação à fala de pessoas com perda auditiva. Vários estudos (Oster, 1990; Osberger, 1992; Osberger et al., 1993; Oster, 2002)



mostraram a presença, consistente, da seguinte tendência: pessoas com experiência atribuem índices de inteligibilidade mais altos do que as que não têm. Este efeito é mais sentido na avaliação de frases comparativamente com palavras (Oster, 2002). Oster (2002) verificou que os resultados de inteligibilidade geral eram superiores para os ouvintes experientes (65%) do que para os ouvintes não familiarizados com a fala de pessoas com perda auditiva (60%). Surgiram grandes discrepâncias na classificação de indivíduos com níveis médios de inteligibilidade (diferenças até 82%). Os resultados são apresentados na Figura 4.

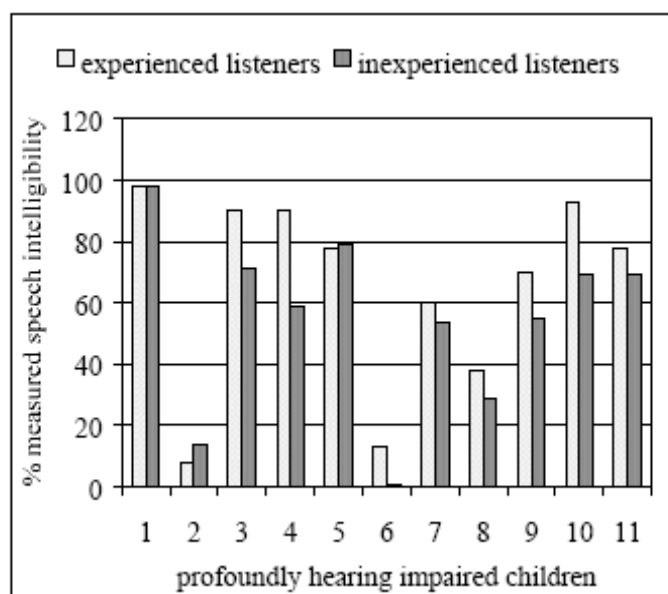


Figura 4: Percentagem de questões percebidas em função da experiência do ouvinte. De Oster (2002).

Uma conclusão de particular importância, resultante do trabalho de Oster (2002), é a de que o ouvinte experiente não precisa de informação pessoal prévia sobre o falante para conseguir perceber o seu discurso. Desta forma, verifica-se uma capacidade geral para analisar o padrão de fala de todo o espectro de pessoas com perda auditiva.

A explicação para a existência desta discrepância entre avaliadores com e sem experiência não é óbvia: os ouvintes experientes aprendem, gradualmente, a interpretar os padrões articulatórios dos indivíduos com perda auditiva profunda, ou os ouvintes experientes encontram-se mais aptos para usar a informação contextual diversa? Apesar de parecerem opções lógicas, estas hipóteses foram refutadas por diversos estudos (McGarr, 1983; Sitler et al., 1983; Boothroyd, 1985). Contudo, o contexto deve contribuir de certa

forma para a explicação deste fenómeno uma vez que a vantagem dos ouvintes experientes é negligenciável quando os falantes, com perda auditiva, produzem palavras isoladas em vez de frases (McGarr, 1983; Boothroyd, 1985; Osberger, 1992).

Muitas vezes estabelece-se uma relação entre o método usado para tratar a informação e o tipo de ouvinte contemplado no protocolo. Opta-se, geralmente, por escolher observadores experientes para as “rating scales” enquanto para as “write down procedures” preferem-se observadores inexperientes (Svirsky et al., 1999).

A informação sobre a maior capacidade de percepção do discurso dos falantes com perda auditiva, por parte de ouvintes experientes, é fundamental. Isto deve-se ao facto deste conhecimento ter implicações no desenvolvimento de programas de intervenção mais completos. Esta informação poderia ser usada para identificar os erros que devem ser corrigidos imediatamente ou identificar as estratégias comunicativas que são eficazes na interacção com esta população.

Outro aspecto que afecta a capacidade dos ouvintes perceberem o discurso das pessoas com perda auditiva é se têm acesso a informação visual que complementa a auditiva. O facto de os ouvintes terem acesso a informação visual relativa ao momento de produção é muito importante, uma vez que se reportam classificações de inteligibilidade 15% superiores nestas situações (Osberger, 1992).

### **2.3.3 Características do Falante**

#### **2.3.3.1 Grau de Perda Auditiva**

De uma forma geral, verifica-se que à medida que os limiares de perda auditiva aumentam, a inteligibilidade de fala decresce (Osberger, 1992). A fala de crianças com perda auditiva moderada a severa é tida como mais inteligível do que a fala das crianças com perda auditiva profunda<sup>2</sup>. A relação sistemática anterior, entre grau de perda auditiva e inteligibilidade, deixa de ser consistente assim que a perda auditiva atinge os 85 dBHL (Monsen, 1978). No caso em que os valores são superiores a esse patamar, constata-se que

---

<sup>2</sup> A quantidade e qualidade da informação auditiva que um surdo consegue obter são factores importantes que influenciam a sua capacidade em perceber e produzir fala. A perda auditiva moderada é dividida em dois graus: grau I (41-55dBHL) e grau II (56-70dBHL). A perda auditiva severa também apresenta o mesmo número de graus: grau I (71-80dBHL) e grau II (81-90dBHL). No caso da perda profunda, distinguem-se três graus: grau I (91-100dBHL), grau II (101-110dBHL) e grau III (111-120dBHL) – Gelfand (2001). *Essentials of Audiology*. New York: Thieme.

certas crianças, com perda auditiva profunda, conseguem desenvolver fala inteligível e outras não.

Uma explicação possível é a de que algumas crianças, com perda auditiva profunda, têm maiores índices de audição residual. Smith (1975) observou que as crianças com audição residual até aos 3000 Hz tinham maiores índices de inteligibilidade. Nesse estudo, as crianças com menores índices de inteligibilidade não tinham qualquer tipo de discriminação acima dos 1000 Hz e estariam, provavelmente, a responder a estímulos auditivos numa base de sensações vibratórias e tácteis (Smith, 1975). Os dados parecem indicar que a criança com perda auditiva tem maiores probabilidades de desenvolver uma fala inteligível se tiver audição residual nas zonas de altas frequências, i.e., acima dos 2000 Hz. Como é óbvio, as diferenças encontradas na inteligibilidade de fala também podem reflectir a consistência no uso dos aparelhos auditivos e a qualidade do treino.

O papel da audição na produção de fala também necessita de ser examinado tendo em conta as capacidades de percepção do discurso do falante com perda auditiva. Smith (1975) verificou que nas actividades de reconhecimento de fones os resultados, das crianças com perda auditiva profunda, estavam mais correlacionados com a inteligibilidade do que com o nível de perda auditiva. De acordo com um estudo (Stark e Levitt, 1974) bons ouvintes nem sempre se tornam bons falantes, mas bons falantes eram, quase sempre, bons ouvintes.

### **2.3.3.2 Competência Linguística**

A inteligibilidade de fala pode ser influenciada pela competência linguística do informante com perda auditiva. Um enunciado que é produzido com distorções articulatórias e prosódicas é mais facilmente percebido se a ordem das palavras e outras características gramaticais mantiverem o padrão normal. Nas situações de comunicação quotidiana, é provável que os défices linguísticos das pessoas com perda auditiva interajam com as suas capacidades de produção articulatória e prosódica de forma a afectar a inteligibilidade do seu discurso.

### **2.3.3.3 Idade da Criança**

A fala dos adolescentes com perda auditiva profunda tem sido descrita como mais inteligível do que a das crianças em idade escolar (Osberger, 1992). Contudo, depois dos

12 anos, Boothroyd (1985) verificou que ocorriam apenas pequenas melhorias nos padrões de inteligibilidade de crianças com perda auditiva severa e profunda. Um estudo de particular relevância envolveu uma avaliação longitudinal (ao longo de quatro anos) das capacidades de fala de oitenta crianças com perda auditiva profunda, que começou quando estas tinham dez anos de idade (McGarr, 1987). Os resultados deste estudo mostraram que não ocorreram quaisquer alterações nos padrões de inteligibilidade.

### 2.3.3.4 Idade de Surgimento da Surdez

Intuitivamente, somos levados a pensar que a fala de uma criança que teve um período de audição normal, antes do surgimento da surdez, seja mais inteligível do que uma criança que nunca ouviu. Um factor importante a ter em conta é se a criança fica com algum tipo de audição residual depois do surgimento da surdez. A interacção entre o grau de perda auditiva e a idade de aparecimento da surdez é ilustrada na Figura 5.

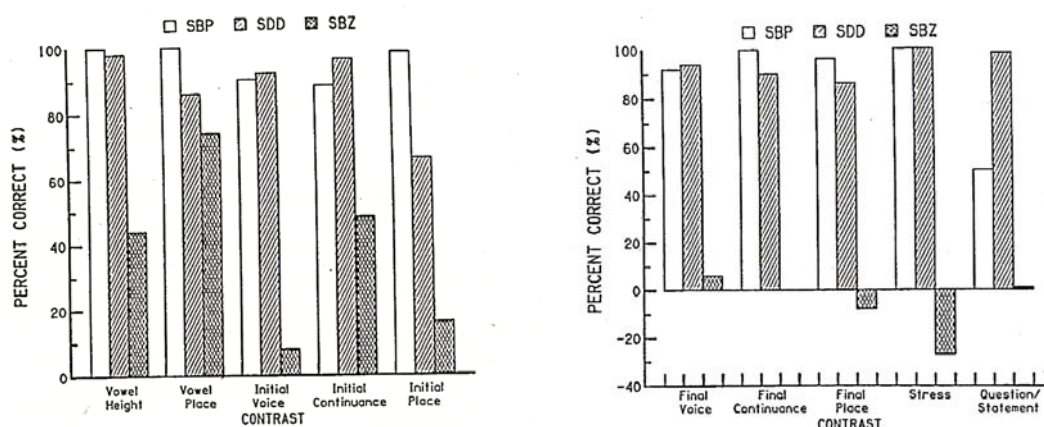


Figura 5: Resultados obtidos para 10 tipos de contrastes em três sujeitos com surdez adquirida (utilização do SPAC). O informante SBP perdeu audição aos 2;5 anos; SDD e SBZ perderam aos 5 anos. Os informantes SBP e SDD têm alguma audição residual enquanto SBZ não tem. De Osberger (1992).

Osberger (1992) estudou a relação entre o grau de perda auditiva e a idade de aparecimento, mas também contemplou a influência da presença/ausência de resíduos auditivos (ver Figura 5). Foram estudados três indivíduos diferentes e aplicou-se a escala de avaliação monossilábica “Speech Pattern Contrast Test” – SPAC (uma prova de avaliação relativa à produção de contrastes vocálicos e consonânticos) (Boothroyd e Springer, 1984). O informante SBP (12 anos) perdeu a audição aos 2;5 anos devido a meningite. Conseguiu manter alguma audição num ouvido, demonstrando limiares de

audição entre 90-100 dBHL que cobriam as frequências compreendidas entre 500Hz e 4000Hz. Os outros informantes perderam a audição quando tinham cinco anos de idade (SBZ – devido a meningite; SDD – perda secundária devido a complicações renais). Na melhor orelha, SDD (9 anos) demonstrava limiares auditivos de 90-115 dBHL que cobriam as frequências entre 500 Hz e 2000 Hz. Por outro lado, SBZ não demonstrou qualquer tipo de resposta ao som em todas as frequências. Da análise da Figura 5 é possível salientar o seguinte:

- SBP e SDD conseguiram transmitir os contrastes existentes na SPAC com um alto grau de precisão, apesar de SBP apenas ter tido acesso à audição normal durante 2;5 anos (contrastando com a experiência de 5 anos de SDD). Aparentemente SBP conseguiu compensar o menor tempo de audição normal com a sua maior sensibilidade auditiva;
- O contraste relativo à variação melódica de perguntas e afirmações (“Question vs. Statement”) foi o mais difícil de produzir para SBP e SDD;
- Os resultados de SBZ estavam em completo contraste com os outros sujeitos do estudo. A sua performance parecia reflectir a total ausência de feedback auditivo. O único contraste que SBZ conseguiu produzir eficazmente foi anteriorização/posteriorização da vogal.

Os dados obtidos parecem indicar que a ausência de audição residual tem efeitos mais profundos na produção de fala quando a perda ocorre antes dos três anos (Osberger, 1992). Os resultados indicam que existe um alto grau de similaridade entre a fala de crianças que tiveram períodos de audição normal durante dois a três anos antes de ficarem surdas.

### **2.3.3.5 Tempo de Privação Sensorial e Experiência de Uso do IC**

As crianças que recebem implantes cocleares precocemente e que são sujeitas a um processo de reabilitação eficaz, adquirem competências linguísticas e de fala que excedem os níveis de realização apresentados por crianças surdas profundas que usam próteses auditivas convencionais (Osberger, 1992). Contudo, continuam a haver grandes diferenças na performance das várias crianças, sendo que muitas não atingem capacidades linguísticas equivalentes às crianças normo-ouvintes da sua faixa etária. Existem, pelo menos, duas razões que explicam estas discrepâncias no desenvolvimento: a informação auditiva fornecida pelo implante poderá ser insuficiente para permitir o desenvolvimento normal da

fala e o extenso período de privação sensorial, antes da colocação do implante, poderá fazer com que se perca o período crítico para o desenvolvimento da linguagem.

Existem vários factores que suportam a hipótese do período crítico (Kirk e Osberger, 2003). As crianças surdas profundas pré-linguísticas com implantes colocados precocemente, obtêm competências de percepção do discurso superiores às crianças que são implantadas tardiamente. No decurso de vários estudos verificou-se que as crianças implantadas com 2 anos conseguem atenuar o atraso linguístico, para com os pares normo-ouvintes, a um ritmo mais rápido do que as crianças que receberam implantes aos 3 anos (Kirk e Osberger, 2003).

As preocupações relativas ao tempo de privação sensorial são importantes, uma vez que as idades de implantação têm vindo a descer significativamente. Devido a isso os pais são cada vez mais pressionados a decidir rapidamente sobre a colocação do aparelho (Kirk e Osberger, 2003). As questões relativas ao diagnóstico tornam-se mais relevantes tendo em conta acontecimentos recentes: os programas universais de rastreio neo-natal estão a reduzir drasticamente a idade de diagnóstico da surdez; os avanços na tecnologia dos implantes resultam em performances linguísticas superiores; novos procedimentos de diagnóstico permitem analisar os possíveis benefícios da colocação do implante (Bauer et al., 2006). Contudo, ainda existem várias obstáculos para a colocação do implante em idades precoces: as famílias necessitam de tempo para tomarem uma decisão informada e consciente; a optimização de comportamentos familiares e da criança é mais difícil de obter em idades precoces; a intervenção cirúrgica em idades precoces acarreta riscos acrescidos.

Geers (2004) estudou a relação entre a idade de colocação do implante e a duração do uso do implante com as capacidades de fala, linguagem e leitura/escrita de crianças surdas. Os resultados relativos à produção e percepção de fala, linguagem e leitura/escrita foram descritos em função da idade da colocação do implante coclear (2, 3, ou 4 anos), idade em que receberam um novo processador, e a duração do uso do implante coclear e do novo processador. Os dados foram recolhidos durante 4 anos consecutivos de forma a maximizar o número de crianças com uma idade específica (8-9 anos). As crianças foram testadas individualmente por avaliadores experientes, e as famílias forneceram informação contextual sobre as crianças. Foram estudadas 181 crianças, cuja implantação ocorreu até

aos 5 anos. Analisando os resultados obtidos (ver Tabela 2), verifica-se que nenhum dos coeficientes de correlação é significativo estatisticamente.

**Table 3. Correlations of Outcome Factor Scores With Age at Implantation and Age at Spectra\* Fitting**

	Age at Implantation (n = 133)	Duration of Implant Use	Age at Spectra Fitting (n = 125)	Duration of Spectra Use
Speech perception	-0.11	0.01	-0.17	-0.13
Speech production	-0.15	0.03	-0.24†	-0.18
Total language	-0.09	-0.05	-0.15	-0.11
Spoken language	-0.11	0.06	-0.15	-0.10
Reading	0.04	0.07	0.05	0.03

\*Cochlear Corporation, Englewood, Colo.

† $P < .01$ .

Tabela 2: Correlações obtidas entre as várias medidas. De Geers (2004).

Apesar de não existir relevância estatística, Geers (2004) verificou que as crianças implantadas aos 2 anos atingiram resultados próximos dos seus pares normo-ouvintes (ver Tabela 3). Apenas a correlação entre a produção de fala e o novo processador revelou alguma importância ( $r = -0.24$ ).

**Table 4. Percentage of Children in Each Age-at-Implantation Group Scoring Within the Range of Their 8- to 9-Year-Old Peers With Normal Hearing**

Age at Implantation, y	Normal Speech ( $\geq 80\%$ Intelligible), %	Normal Language (IPSyn Score $\geq 75$ ), %	Normal Speech and Language, %
2	57	52	43
3	54	48	46
4	30	35	16

Abbreviation: IPSyn, Index of Productive Syntax.

Tabela 3: Comparação dos resultados das crianças implantadas, em função da idade, com os seus pares normo-ouvintes. De Geers (2004).

Verificou-se que 80% das crianças que perderam a audição após o nascimento e que colocaram implante até um ano após o diagnóstico, apresentavam competências de fala e linguagem normais (Geers, 2004).

Uma revisão sistemática recente (Fitzpatrick et al., 2006) de vários estudos mostrou que, nos anos pré-escolares, os resultados de reconhecimento de fala em “open-set” variavam entre os 40 e 70%, após o uso do implante por um período superior a 4 anos. No estudo de Fitzpatrick et al. (2006), verificou-se que as crianças com vários anos de uso de

aparelhos de amplificação tradicionais demonstravam progressos auditivos rápidos após a colocação de IC.

### **2.3.4 Aspectos Linguísticos e Educacionais**

Weston e Shriberg (1992) examinaram a influência de factores linguísticos e contextuais na inteligibilidade, tendo descoberto que os resultados estavam associados à dimensão do enunciado, posição das palavras, inteligibilidade das palavras adjacentes, complexidade fonológica, forma gramatical e estrutura silábica (Weston e Shriberg, 1992). Kent e Read (1994) sugeriram outros factores que poderiam influenciar a inteligibilidade: o tipo de material usado para fazer a avaliação de fala; o contexto comunicacional e linguístico; a familiaridade do ouvinte com o locutor; suporte contextual usado para apresentar os estímulos; clareza dos sinais visuais e acústicos de fala, e outros factores linguísticos e ambientais (Kent e Read, 1994).

Apesar das variações metodológicas os estudos (Chin e Tsai, 2002) realizados parecem concordar com a noção de que uma criança normo-ouvinte torna-se totalmente inteligível por volta dos 4 anos. Contudo, para as crianças com perda auditiva não é possível identificar uma idade padrão devido aos vários factores que influenciam o seu desenvolvimento. De acordo com estudos prévios (Chin e Tsai, 2002), as competências comunicativas tendem a aumentar com o maior uso do IC. Apesar disso, é preciso ter em conta as várias idades em que o implante pode ser colocado uma vez que serão esperados pontos de partida e padrões de desenvolvimento diversos. O aperfeiçoamento do IC como meio técnico válido acarreta consigo expectativas altas. Há uma maior pressão para a colocação destas crianças em escolas públicas, com os seus pares normo-ouvintes e a acompanhar os mesmos temas e tópicos escolares. Para não defraudar as expectativas dos pais e a auto-estima da criança implantada é necessário avaliar, fidedignamente, as reais capacidades e competências do aluno, de forma a escolher o melhor contexto escolar e o modelo comunicativo mais adequado.

Chin e Tsai (2002) realizaram um estudo que contemplava os seguintes objectivos: estimar a validade do “Beginners Intelligibility Test” – BIT (Osberger, 1994), um teste de repetição de frases para avaliar crianças com perda auditiva, avaliar o desenvolvimento da inteligibilidade em crianças normo-ouvintes entre os 2 e 6 anos e comparar o desenvolvimento da inteligibilidade de crianças normo-ouvintes e com IC. Foi aplicado o



BIT a 50 crianças normo-ouvintes e a 34 crianças com IC (as comparações foram feitas entre elementos de cada grupo que tinham idades iguais). As respostas foram gravadas e apresentadas a ouvintes adultos sem experiência que realizaram a transcrição. Os resultados foram analisados tendo em conta os efeitos da idade cronológica e capacidade auditiva. As crianças normo-ouvintes, por volta dos 4 anos, obtiveram performances de inteligibilidade próximas às dos adultos. As crianças com implante foram consideradas menos inteligíveis comparativamente com as outras. Contudo a sua performance melhorou com a idade cronológica e com o tempo de uso do implante.

Monsen (1983) avaliou um conjunto de variáveis relevantes para o estudo da inteligibilidade em informantes com perda auditiva: presença ou ausência de contexto verbal; apresentação apenas visual ou audiovisual; número de apresentações; complexidade gramatical e experiência dos locutores. Para este efeito usou 10 adolescentes (11;7 a 15;3 anos de idade) com perda auditiva: oito dos participantes tinham limiares de audição superiores a 95 dBHL os outros dois tinham valores de 83 e 88 dBHL. Os sujeitos foram gravados em vídeo, a produzir 160 frases, sendo estas posteriormente apresentadas a ouvintes com e sem experiência. Os ouvintes foram instruídos a anotar tudo o que entendessem e a pontuação foi realizada através da atribuição de pontos a palavras individuais (as mais frequentes na Língua). Tendo em conta todos os falantes (Monsen, 1983), os ouvintes experientes consideraram como certo 84% das produções enquanto os inexperientes identificaram 74% (esta diferença foi considerada estatisticamente significativa).

Como indicado anteriormente a escolha comunicacional é uma variável que pode ter efeitos importantes no desenvolvimento da inteligibilidade da fala. Convém pois fazer a distinção entre duas das metodologias mais usadas na reabilitação de crianças implantadas: *método oral* (de que é exemplo o “Auditory Verbal Therapy”(Cochlear, 2005; Rhoades, 2006) e a *comunicação total*. O primeiro enfatiza o desenvolvimento das competências auditivas e de fala (o uso de gestos é desencorajado). O método de *comunicação total* resulta da combinação simultânea entre a fala e o gesto (não se usa a Língua Gestual Portuguesa mas o Português Gestualizado). Os estudos sobre a capacidade de fala em crianças que foram submetidas a estes dois métodos revelam resultados significativamente díspares (Svirsky et al., 1999). Há estudos (Boothroyd, 1985; Kent e Read, 1994) que defendem que a *comunicação total* facilita o desenvolvimento de competências linguísticas

orais. Diametralmente oposta é a posição que preconiza a ideia de que o *método oral* conduz a melhores resultados. Geers e Moog (1992) realizaram um estudo em que a análise foi feita tendo em conta a variável modo comunicativo (*comunicação oral* ou *total*). A amostra era constituída por 227 adolescentes (entre os 16 e 17 anos) com perdas auditivas iguais ou superiores a 80 dBHL. Ao nível das escolhas comunicativas/educacionais, os adolescentes estavam distribuídos em duas vertentes: *comunicação oral* (100 sujeitos) e *comunicação total* (127 sujeitos). Todos os sujeitos foram separados em quatro grupos, de acordo com a perda auditiva: 80-90dBHL, 91-100dBHL, 101-110dBHL e > 110dBHL. Foi feita uma comparação entre a performance dos sujeitos que integravam os dois tipos de modelo comunicativo (Geers e Moog, 1992), tendo em conta os limiares de audição, em função dos resultados da “Speech Intelligibility Evaluation” - SPINE (os aspectos avaliados pelo teste reportam-se à altura e anteriorização/posteriorização das vogais, vozeamento de consoantes e produção de líquidas e semivogais) (Monsen, Moog e Geers, 1992). Para os indivíduos que estavam nos programas de *comunicação oral*, os resultados da SPINE foram os seguintes: 80-90dBHL: 93%, 91-100dBHL: 87%, 101-110dBHL: 83% e > 110dBHL: 73%. Os indivíduos dos programas de *comunicação total* obtiveram valores inferiores a 60%; exceptuando o grupo de 80-90dBHL que revelou médias a rondar os 77%. A comparação realizada denunciou uma performance significativamente superior, ao nível do desenvolvimento das capacidades linguísticas, nos alunos que frequentavam escolas com programas de *comunicação oral* em detrimento dos alunos que frequentavam escolas com a filosofia da *comunicação total* (Geers e Moog, 1992).

Svirsky et al. (1999) estudaram a inteligibilidade de fala de crianças com surdez profunda congénita (as crianças tinham próteses auditivas e estavam em estudo para a colocação de implante), em função da escolha comunicativa. Os sujeitos em estudo tinham idades entre 1 e 15 anos, tendo sido divididos de acordo com o grau de perda auditiva (90-100dBHL; entre 100-110dBHL; mais de 110dBHL). As crianças produziram frases que foram gravadas e, posteriormente, apresentadas a três ouvintes inexperientes que não estavam familiarizados com a fala de um indivíduo com perda auditiva. Os resultados apontaram para maiores índices de inteligibilidade para as crianças que tinham mais resíduos auditivos e que frequentavam programas de *comunicação oral*. Também foi possível observar que nas idades mais avançadas a inteligibilidade era superior

(particularmente evidente no grupo com perda auditiva entre os 100-110dBHL e na maior parte dos usuários do sistema de *comunicação oral*).

Existem dois factores que dificultam a interpretação de alguns destes estudos e explicam as discrepâncias existentes entre eles (Svirsky et al., 1999):

- O ouvinte conhecer quais as escolhas comunicacionais da criança (influenciando os resultados).
- A escolha do tipo de comunicação não ser um processo aleatório: os locais de ensino que acolhem as crianças com perda auditiva podem ter um sistema comunicativo/linguístico previamente escolhido.

Em relação ao último ponto, e fazendo a análise do contexto português, não há a possibilidade de escolher entre as formas de comunicação descritas uma vez que as escolas públicas fornecem o modelo Bilingue como opção única. Não existem meios suficientes que permitam respostas educativas diferenciadas e sustentadas (Marschark, Lang e Albertini, 2002; Monteiro, 2007).

## **2.4 Análise Qualitativa da Inteligibilidade**

A medição da inteligibilidade da fala em informantes com perda auditiva tem-se baseado em dois tipos de tarefas: *identificação de itens* (“item identification”) e *escalas de medição* (“rating scales”). Independentemente dos dados obtidos, usando qualquer uma das tarefas, são necessário interpretá-los tendo em consideração as condições específicas em que foram recolhidos.

### **2.4.1 Identificação de Itens**

Este tipo de método tem sido tradicionalmente usado em formatos de *resposta livre* (“open-set”), onde um painel de ouvintes escreve aquilo que pensam que a criança disse. Também é por vezes usado o formato de *escolha múltipla* (“closed set”), semelhante ao usado em estudos de percepção da fala.

#### **2.4.1.1 Testes de Inteligibilidade de Resposta Livre**

Num teste de inteligibilidade de resposta livre (“write down procedure”), o informante lê uma amostra de fala, constituída por palavras ou frases, que é gravada, e depois randomizada, e apresentada a um painel de ouvintes. Os ouvintes são instruídos a escrever

aquilo que pensam que a criança disse e as suas respostas são classificadas relativamente ao número de palavras compreendidas correctamente. Quando se usam frases, a classificação pode ser feita em relação a palavras-chave percebidas pelos ouvintes ou através do cálculo percentual das frases totalmente compreendidas. Outro método usado (Monsen, 1983), é a aplicação de um sistema de pesos (“weighting system”): são atribuídos diferentes ponderações às palavras que constituem a frase, de acordo com a sua contribuição para a mensagem linguística. O esquema desenvolvido por Monsen (1983) contemplava a atribuição de valores mais altos para palavras de conteúdo do que para as de função.

Oster (2002) elaborou um procedimento inovador quanto à obtenção de respostas. Neste estudo, os ouvintes não tinham que escrever aquilo que o falante disse. A função dos informantes surdos era de ler questões como “What color is a lemon?” (“Hellen-questions”). Os ouvintes tinham que analisar a gravação com as várias perguntas e tentavam respondê-las. Cada avaliador tinha que responder a cinco perguntas lidas por cada um dos onze falantes. Apenas as questões percebidas na sua totalidade foram consideradas correctas (ver Figura 6).

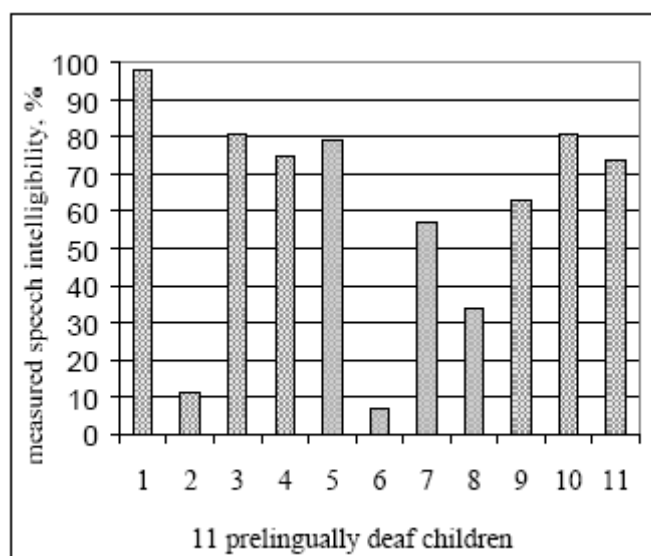


Figura 6: Percentagem de questões respondidas correctamente. De Oster (2002).

O discurso de três crianças foi considerado ininteligível (os valores de inteligibilidade apresentavam um mínimo de 7% e um máximo de 34%). Apenas duas crianças apresentaram discurso semi-inteligível (com valores entre os 57% e 63%). A maioria apresentava discurso inteligível (os valores encontravam-se no intervalo 74-98%).

Vários autores (Metz, et al., 1980; Svirsky et al., 1999) ressaltam o facto que os testes de resposta livre (“write down procedures”) têm mais validade face a escalas de medição (“rating scales”), uma vez que os resultados dependem do que o observador percebeu e anotou (Metz et al., 1980). Outra das vantagens é a de não ser influenciado pelas diferentes qualidades vocais, i.e., ao usar escalas de medição (“rating scales”) pode ocorrer a contaminação das respostas (Svirsky et al., 1999). No entanto, os testes de resposta livre (“write down procedures”) consomem bastante tempo, sendo necessário muito trabalho para se proceder à análise das respostas escritas, o que o torna um método mais caro. Outra das grandes limitações é não existir informação sobre as causas que estão na base da redução da inteligibilidade.

#### **2.4.1.2 Testes de Inteligibilidade de Escolha Múltipla**

Perante um teste de inteligibilidade de *escolha múltipla* (“closed set”), o ouvinte tem que escolher qual a palavra dita pelo falante através da análise de um conjunto de respostas alternativas. O objectivo passa pela avaliação da capacidade do falante em produzir contrastes fonéticos específicos que sejam percebidos pelo ouvinte. A grande vantagem deste método é que a performance é quantificada relativamente à capacidade do falante transmitir a mensagem, apesar da sua produção não seguir os padrões normo-ouvintes (é dada relevância ao facto da mensagem ser veiculada eficazmente e não à incorrecção linguística). Os dados obtidos podem ser examinados de forma a identificar quais os aspectos da fala que o informante não consegue produzir. Esta informação será útil para a elaboração de programas de intervenção terapêutica.

Monsen (1981) desenvolveu e aplicou um teste com este formato, o “Speech Intelligibility Evaluation” (SPINE). Cada situação de avaliação envolve a apresentação de dez cartões e cada um deles tem que ser nomeado pelo falante. O examinador, posteriormente à nomeação, tem que decidir entre todas as palavras qual a referenciada. A avaliação do rendimento no teste é feita através do cálculo percentual das palavras que foram percebidas correctamente pelo examinador. Monsen (1981) reportou uma correlação de 0.86 entre estes resultados e os obtidos na utilização do “write down procedure” (sem recurso ao SPINE), com os mesmos sujeitos deste estudo (Monsen, 1981).

O teste desenvolvido por Boothroyd (1984, 1985, 1988), “Speech Pattern Contrast” (SPAC), consiste em palavras monossilábicas que contêm pares mínimos. Aos ouvintes é

dado um conjunto de quatro respostas alternativas, para cada enunciado produzido pelo falante. Os contrastes avaliados são os seguintes: altura das vogais, anteriorização/posteriorização das vogais, vozeamento da consoante inicial, ponto de articulação da consoante inicial, vozeamento final da consoante e ponto de articulação da consoante final. A classificação é baseada na percentagem de vezes em que um contraste foi percebido correctamente pelo ouvinte.

Boothroyd (1985) avaliou a produção de fala de 16 adolescentes com perda auditiva profunda, com idades compreendidas entre os 13 e 19 anos, usando o SPAC. Os sujeitos em estudo apresentavam limiares auditivos, no melhor ouvido, que variavam entre os 82dBHL e 110dBHL. Foram criados dois grupos de ouvintes que escutaram a produção dos enunciados dos falantes: um grupo com experiência prévia com a fala de pessoas com perda auditiva e outro inexperiente. Os resultados do estudo mostraram as seguintes tendências: a produção dos contrastes vocálicos foi mais eficaz que a dos consonânticos; nem todos os sujeitos conseguiram produzir os contrastes avaliados por este teste; revelaram dificuldades na produção de quase todos os contrastes consonânticos. Estes dados reflectem as diferenças significativas que existem na capacidade de produção de fala, em indivíduos com perda auditiva profunda (Boothroyd, 1985). Os dados recolhidos através do SPAC não fornecem ao examinador o motivo que conduziu à não produção de um determinado contraste. Não há forma de determinar que tipo de erro foi feito sem se realizar uma transcrição fonética das produções (Boothroyd, 1985).

O uso do formato de *escolha múltipla* é particularmente útil para falantes cuja inteligibilidade é extremamente reduzida (em situação de resposta livre, os seus resultados seriam baixos ou iguais a zero).

#### **2.4.2 Escalas de Medição**

A técnica usada mais frequentemente para medir a inteligibilidade de pessoas com perda auditiva envolve a criação de *escalas intervalares*. Num estudo clássico (Subtelny, 1977), um painel de 5 ouvintes classificou a fala de 156 falantes com perda auditiva profunda usando uma escala discreta (o coeficiente de fiabilidade entre os ouvintes rondava os 0.97). Subtelny (1977) comparou os resultados obtidos com “write down procedure” aos extraídos com “rating scales” e observou um coeficiente de correlação de 0.87, o que o

levou a concluir que o uso deste tipo de escalas era válido para fins clínicos e de investigação.

A conclusão do estudo anterior, relativa às “rating scales”, foi contestada por Samar e Metz (1988) que replicaram e estenderam o estudo realizado por Subtelny (1977). Samar e Metz (1988) obtiveram coeficientes de correlação e fiabilidade idênticos ao outro estudo. Contudo verificaram que as “rating scales” não seriam o melhor método a aplicar em indivíduos cujos valores de inteligibilidade se situassem entre 20 e 80% (Samar e Metz, 1988). Esta é uma consideração importante a ter em conta aquando da selecção de um protocolo de avaliação, clínico ou de investigação, uma vez que a maior parte dos resultados de inteligibilidade, para sujeitos com perda auditiva, situa-se nessa zona média da escala.

O uso de “rating scales” permite fazer a avaliação do progresso da criança ao longo do tempo. Contudo, estas só podem ser usadas pelas equipas de implantes cocleares se os diferentes indivíduos que a aplicam realizarem julgamentos similares. A “Speech Intelligibility Rating” – SIR (Wilkinson e Brinton, 2003) foi desenvolvida para tentar contornar este problema mas tem de ser empregue por ouvintes experientes na avaliação da inteligibilidade em crianças com IC. A escala é formada por cinco categorias hierárquicas, como é ilustrado na Figura 7.

Table 1: Categorization of intelligibility using the SIR scale	
SIR category	Speech intelligibility rating criteria
Category 5	Connected speech is intelligible to all listeners. The child is understood easily in everyday contexts
Category 4	Connected speech is intelligible to a listener who has little experience of a deaf person's speech. The listener does not need to concentrate unduly
Category 3	Connected speech is intelligible to a listener who concentrates and lip-reads within a known context
Category 2	Connected speech is unintelligible. Intelligible speech is developing in single words when context and lip-reading cues are available
Category 1	Pre-recognizable words in spoken language. The child's primary mode of everyday communication may be manual

Figura 7: Organização da escala SIR. De Wilkinson e Brinton (2003).

O valor da inteligibilidade global aumenta proporcionalmente com o número da categoria. Foram realizados vários estudos em que foi quantificada uma evolução

longitudinal significativa, em crianças com IC, usando a escala SIR (Allen e Nikolopoulos, 1998; Wilkinson e Brinton, 2003; Bakhshae et al., 2007).

No estudo realizado por Wilkinson e Brinton (2003), o objectivo principal era analisar a fiabilidade da escala quando usada por diferentes classificadores inexperientes. Foram avaliadas oito crianças com IC (quatro rapazes e quatro raparigas), cujas idades variavam entre as 2;4 anos e 11 anos. A idade de colocação do implante variava entre os 1;9 anos e os 8;9 anos, e o tempo decorrido desde a colocação do implante tinha valores de 0;5 anos até 4;9 anos. Os ouvintes não tinham, praticamente, nenhuma experiência com o tipo de comunicação apresentado por crianças com perda auditiva. Tinham que classificar a inteligibilidade fazendo a análise de pequenos vídeos, em que a criança interagía com um adulto familiar. Os investigadores insistiram na necessidade em avaliar a inteligibilidade tendo em conta a totalidade do vídeo e não se deixar influenciar pelos julgamentos anteriores realizados na avaliação das crianças (uma vez que cada ouvinte teria que avaliar a mesma criança em vários momentos). Foi possível verificar que houve um bom nível de entendimento entre observadores quanto ao uso das categorias da SIR (ver Figura 8). Apesar de existir uma alta coerência nas respostas verificou-se que a categorização da inteligibilidade ocorreu de forma mais eficaz nos extremos da escala e que a classificação foi mais ambígua quando os ouvintes utilizaram os valores centrais da escala.

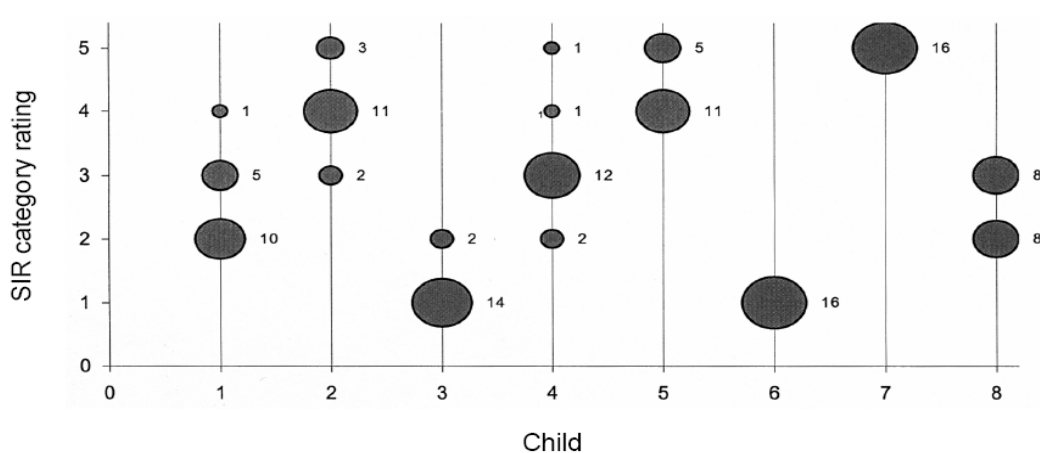
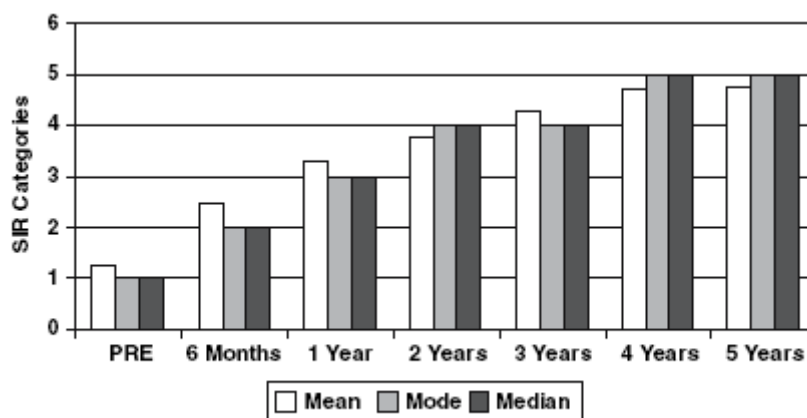


Figura 8: Categorização da inteligibilidade com a escala SIR. A dimensão das bolhas é proporcional ao número de ouvintes que escolheu determinada categoria. De Wilkinson e Brinton (2003).



Bakhshae et al. (2007) realizaram um estudo prospectivo de 47 crianças com implantes cocleares. A avaliação da inteligibilidade decorreu ao longo de cinco anos, e dentro do grupo de estudo havia crianças com implante há cinco. Todas as crianças eram surdas pré-linguísticas. Após a colocação do implante foram integradas num programa escolar que contemplava o uso do “Auditory Verbal Therapy”(Cochlear, 2005; Rhoades, 2006). A escala SIR foi usada para medir a inteligibilidade da fala em intervalos regulares, durante os cinco anos do estudo. As crianças foram acompanhadas por equipas multidisciplinares e para não ocorrer variações na classificação SIR, a avaliação foi realizada sempre pelo mesmo elemento da equipa. Os resultados são apresentados na Figura 9.



Category (SIR)	Before	1 year	2 years	3 years	4 years	5 years
5	0	0	5	13	10	7
4	0	17	29	17	4	2
3	0	26	10	0	0	0
2	35	4	3	2	0	0
1	12	0	0	0	0	0
Total	47	47	47	32	14	9

Figura 9 Em cima: classificações da SIR tendo em conta a média, moda e mediana para cada período de avaliação. Em baixo: número de crianças em cada categoria nos diferentes momentos de avaliação. De Bakhshae et al. (2007).

Antes da colocação do implante, a média e a moda situavam-se na Categoria 1 (Bakhshae et al., 2007). Passados seis meses, os valores evoluíram para a Categoria 2 (inteligibilidade para palavras isoladas, o discurso na sua totalidade é ininteligível). No

primeiro ano, a fala era inteligível para os ouvintes que se concentrassem e conseguissem fazer leitura da fala (a moda e mediana situam-se na Categoria 3). Entre o segundo e terceiro ano de avaliação os valores passaram para a Categoria 4: a fala é inteligível para ouvintes que nunca tiveram contacto com crianças surdas. Por volta dos 5 anos de uso do implante, atingiu-se a categoria máxima, i.e., a fala é inteligível para todos os ouvintes. O aumento sucessivo encontrado ao nível das categorizações foi estatisticamente significativo para os primeiros três anos. A diferença entre 3-4 anos e 4-5 anos não teve esse valor estatístico (apesar de se identificar uma tendência para a obtenção de melhores resultados). Os resultados do estudo de Bakhshaei et al. (2007) mostraram que a inteligibilidade das crianças continua a desenvolver-se para além dos 5 anos. Antes do surgimento da fala inteligível, é necessário um longo período de experiência com o IC.

Outra técnica que pode ser usada é a *estimação directa de magnitude* (“direct magnitude estimation”). Enquanto nas escalas intervalares o ouvinte atribui um número ao longo de uma escala linear, o método de estimação directa permite atribuir um valor a cada estímulo (valor que corresponde à razão entre esse estímulo e um valor standardizado). Schiavetti et al. (1981) demonstraram que existia maior validade nas medidas de estimação directa do que nas escalas intervalares.

De uma forma geral, pode-se afirmar que as “rating scales” são rápidas e fáceis de aplicar. As “write down procedures” são difíceis de aplicar pois os observadores têm que estar atentos a todas as palavras que são produzidas, o que dificulta a análise. Por sua vez as “rating scales”, apesar de serem de rápida aplicação não possibilitam uma análise fonética e fonológica precisa.

## 2.5 Análise Quantitativa da Inteligibilidade

Para se proceder a uma análise completa e pormenorizada da inteligibilidade temos que ir mais além da desconstrução das constatações perceptivas realizadas por um conjunto de observadores. Apesar dos dados daí retirados terem grande relevância há que procurar tentar estabelecer critérios mais objectivos e mensuráveis, isto é, não tão dependentes das interpretações.

Na tentativa de contribuir para a definição de critérios de mensurabilidade estáveis e cientificamente aceites surge um documento desenvolvido pelo American National Standard Institute (ANSI 1990, 1997). Através do “Methods for Calculation of the Speech

Intelligibility Index” (ANSI, 1997) ambiciona-se chegar a uma medida universal, o “Speech Intelligibility Index” (SII). O SII pretende caracterizar o nível individual de compreensão da fala.

Este standard é limitado à fala natural, a normo-ouvintes e a condições de comunicação onde não ocorra a filtragem de frequências de fala ou de ruído. Os ouvintes não deverão apresentar deficiências cognitivas e linguísticas em relação à língua usada. De forma a alargar a sua abrangência foram adicionados dois anexos: o Anexo A (ANSI, 1997) estabelece os métodos de cálculo do SII em pessoas com perda auditiva; o Anexo B (ANSI, 1997) analisa os conteúdos de alguns materiais que são usados na avaliação da inteligibilidade.

O SII foi desenhado para a medição da inteligibilidade sob condições de escuta adversas: ruído de mascaramento, filtragem e reverberação. As várias gamas de frequências contribuem de forma diferenciada para a inteligibilidade da fala e, dentro de um certo limite, uma relação sinal de fala/ruído também. Através da medição da relação sinal/ruído em cada uma destas gamas, é possível prever a inteligibilidade de um determinado sistema comunicativo (ANSI, 1997).

### **2.5.1 Métodos para calcular o SII**

Existem quatro métodos para calcular o SII (ANSI 1997, pp. 9). Eles são conceptualmente idênticos apenas diferindo em alguns detalhes, nomeadamente nos passos básicos para proceder ao processamento computacional dos dados.

Para se proceder aos cálculos é necessário fazer um trabalho de selecção prévio relativo às variáveis que irão ser usadas no estudo. Os detalhes dos procedimentos usados para determinar quais as variáveis a incluir dependem do sistema comunicativo e do ouvinte, técnicas de medição, recursos existentes e a precisão pretendida.

### **2.5.2 SII em Indivíduos com Perda Auditiva**

Inicialmente a obtenção desta medida foi equacionada para normo-ouvintes. Isto deve-se à alteração dos padrões de referência para os limiares auditivos (“hearing threshold”), inerentes a algumas patologias auditivas (ANSI, 1997). Foram experimentados alguns protocolos para contemplar a existência destes *supra limiares auditivos*, mas sem grande sucesso. Contudo, foram desenvolvidos métodos de cálculo da SII para os casos em que há

um limiar auditivo elevado (ANSI, 1997). Os procedimentos aplicam-se a todas as patologias auditivas mas têm apenas em conta os efeitos no limiar auditivo (ANSI, 1997).

### **2.5.3 Preparação Contextual de um Teste de Inteligibilidade**

A ANSI desenvolveu outro documento (ANSI, 1990) em que pretendia estabelecer os parâmetros para mediar a inteligibilidade durante a produção de palavras monossilábicas através de diversos sistemas comunicativos. Apesar do “Method for Measuring the Intelligibility of Speech Over Communication Systems” não ter sido desenhado para as pessoas com perda auditiva, propõe um guião detalhado sobre como preparar o contexto para a realização de um teste de inteligibilidade (ANSI, 1990). Estas indicações não são específicas para a população normo-ouvinte e os autores referem que o guião apresentado pode ser facilmente adaptado para outros estudos (ANSI, 1990).

Inicialmente deve ser definido o conceito de sistema comunicativo. Um sistema comunicativo de fala pode ser descrito como a combinação de equipamento e/ou de elementos ambientais que transmitem a fala entre dois informantes (ANSI, 1990). Nalguns casos o falante pode ser substituído por um aparelho que produza sons de fala ou equivalentes sintéticos. Os sistemas por detrás destes aparelhos baseiam-se na análise, codificação e reconstrução de enunciados humanos. Estes sistemas podem ser por exemplo (ANSI, 1990): o ar e o ambiente circundante aquando da realização da comunicação face-a-face; a sala, ar, microfone, amplificador, cabos, auscultadores, e o ar usado numa conexão telefónica (com altifalantes).

A noção mais relevante que existe neste documento (ANSI, 1990) é da necessidade em ser realizada uma selecção e treino dos falantes e ouvintes. Em qualquer teste com o desígnio de avaliar os efeitos do equipamento, ambiente ou procedimentos na inteligibilidade da fala, os falantes e ouvintes são as potenciais e principais fontes de variação externa (ANSI, 1990). Desta forma, o número, selecção e treino dos falantes e ouvintes são aspectos cruciais para o desenho e condução dos testes sobre a inteligibilidade da fala.

Devem ser usados pelo menos cinco falantes e cinco ouvintes. O número de falantes deve ser igual ou superior ao dos ouvintes uma vez que existe maior variabilidade de resultados de inteligibilidade entre os elementos do primeiro grupo (ANSI, 1990). A

amostra de falantes e de ouvintes deve ser representativa da população estudada. A restrição pela idade e/ou género é justificada no caso de se estudar um nicho populacional.

O tipo de teste utilizado, o seu objectivo e propósito vão determinar o tipo de instruções dadas aos falantes. Os aspectos fundamentais a ter em conta são os seguintes: o experimentador deve documentar todas as instruções fornecidas aos falantes, bem como os procedimentos que foram usados para obter as amostras de fala (ANSI, 1990).

As instruções dadas aos ouvintes deverão ser similares às dadas aos falantes. As instruções específicas, bem como o treino vão variar de acordo com a natureza e propósito do teste, equipamento e materiais do teste. Os ouvintes devem treinar até estarem familiarizados com os métodos do teste e com as palavras nele presentes (ANSI, 1990).

#### **2.5.4 Condução de um Teste de Inteligibilidade**

Os testes de inteligibilidade envolvem normalmente vários sistemas ou condições. Para evitar o aparecimento de erros estatísticos sistemáticos é necessário proceder à avaliação dos vários sistemas ou condições. Para tal acontecer, as condições deverão ser apresentadas aleatoriamente usando um desenho experimental equilibrado e eficaz (ANSI, 1990). É desejável que se proceda à recolha de informação sobre a rapidez e certeza nas respostas dos ouvintes e das suas opiniões face ao sistema ou condições de realização.

Todos os factores que possam afectar a medição da inteligibilidade devem ser considerados e os seus valores conhecidos. Esses factores incluem, mas não estão limitados aos seguintes (ANSI, 1990): falante, ambiente do falante, canal de transmissão, ouvinte e ambiente do ouvinte.

### **2.6 Qualidade Vocal em Pessoas com Perda Auditiva**

A qualidade vocal das pessoas com perda auditiva é influenciada por três factores inter-relacionados (Abberton, 2000):

- Grau e tipo de perda auditiva e a idade do sujeito na altura do aparecimento da surdez;
- Escolha da metodologia educacional e comunicativa pela família (primazia de um dos códigos linguísticos ou bilinguismo);
- Efeito da prótese auditiva (convencional ou IC) e aproveitamento da audição residual.

Existe uma grande variabilidade na inteligibilidade do discurso de pessoas com perda auditiva. O tipo de análise e categorização de fala, feita por profissionais que trabalham nesta área, estão sujeitas a grande flutuação e discrepância. O ponto de partida essencial para a definição, categorização e medição da qualidade vocal da pessoa com perda auditiva passa pela combinação de dois aspectos essenciais: análise de medidas descritivas perceptivas e acústicas de padrões fonológicos e fonéticos de fala; relacionar estas medições com as capacidades perceptivas e as dificuldades sentidas pelo indivíduo (Abberton, 2000). A qualidade vocal está relacionada com o papel do “feedback” auditivo no controlo da produção de fala.

O problema do falante surdo não é apenas a acuidade auditiva. Há casos de pessoas com perdas auditivas profundas que têm excelentes padrões de fala e vozes apropriadas, comparativamente com casos de perdas menos acentuadas. Existem, claramente, outros factores do processamento perceptivo de fala que influenciam os padrões de qualidade vocal (Abberton, 2000). Uns dos factores, que têm bastante relevância, referem-se os elementos psicoacústicos, uma vez que estão relacionados com o processamento de informação dos domínios temporais e frequenciais (geralmente o domínio temporal encontra-se menos afectado nas pessoas com perdas auditivas profundas). Estes elementos afectam a percepção e, conseqüentemente, a produção de fala: detecção dos limiares de audição, níveis de desconforto, gama dinâmica da fala, discriminação de intensidades (estática e dinâmica), selecção de frequências, discriminação espectral, detecção de pausas, discriminação do tom/ruído, discriminação da frequência e sensibilidade à fase (Abberton, 2000). Todos estes elementos são responsáveis pela detecção, discriminação e identificação das unidades fonémicas. Estas também podem relacionar-se com as características vocais e organização segmental da linguagem oral nos falantes surdos, através do “feedback” auditivo.

O termo qualidade vocal é definido na literatura (Abberton, 2000; Cukier e Camargo, 2005; Prado, 2007) de diferentes maneiras. Apesar das várias definições, é importante reconhecer dois factores que determinam a qualidade vocal: a excitação laríngea (fonte de som) e a modificação supraglotal que ocorre no tracto vocal (filtragem do som produzido pela fonte sonora). Contudo, a produção vocal é considerada um fenómeno essencialmente laríngeo (Abberton, 2000). Este é uma constatação facilmente observável no desenho e programação dos aparelhos auditivos mais modernos. Sem um

“input” apropriado relativo à vibração das pregas vocais, a fala não poderá ser produzida adequadamente, mas a produção e análise do sinal de fala está intimamente ligado com o desenvolvimento cognitivo e linguístico (sintaxe, semântica e pragmática).

Um dos factores de maior relevância para a determinação da qualidade vocal é a idade de aparecimento da surdez. Os falantes surdos pré-linguísticos apresentam, tendencialmente, padrões vocais mais alterados do que os pós-linguísticos. Como é óbvio estamos no domínio da generalização, uma vez que os surdos pré-linguísticos podem ter bons padrões vocais. Contudo, a qualidade vocal desta população está dependente do diagnóstico precoce da surdez, utilização de aparelhos auditivos eficazes desde a altura do diagnóstico e educação num meio que contemple a aquisição de competências auditivas e verbais orais (Wirz, 1986). Os efeitos da surdez adquirida na produção de fala são considerados como variáveis. Há autores (Ling, 1989) que defendem que não existem alterações de maior na voz de adultos pós-linguísticos, no caso de estes terem estabelecido mecanismos estáveis e fortes de “feedforward”. Nestes casos os mecanismos de produção e de “feedforward” estão tão bem organizados que a falta de “feedback auditivo” não afecta a qualidade vocal. Estudos mais recentes (Abberton, 2000; Cukier e Camargo, 2005; Lane e Perkell, 2007; Prado, 2007) referem que a qualidade vocal destes surdos pode manter-se intacta por vários anos mas a deterioração é inevitável. Neste caso temos que considerar o factor tempo (muito ou pouco tempo após o surgimento da surdez) e progressão (lenta ou rápida). Mais cedo ou mais tarde começam a surgir défices na qualidade vocal e na manutenção de padrões de entoação estáveis assim como imprecisões ao nível articulatorio, mais visíveis nas fricativas sibilantes (Svirsky, 1998a).

Nos informantes com perda auditiva a relação entre a articulação e a qualidade vocal é vista como essencial para garantir a inteligibilidade da fala (Cukier e Camargo, 2005). Uma dos tópicos que introduz incerteza na análise é o uso de termos vagos e impressionistas (avaliação subjectiva) para caracterizar os diferentes aspectos avaliados: uso do termo “over fortis”, sem nenhuma indicação se este classifica articulação ou volume sonoro; relatividade do termo *voz monótona*, uma vez que se pode referir ao volume, Frequência Fundamental (F0) e ritmo (Wirz, 1986). As classificações estão sujeitas a grande variabilidade mesmo quando realizadas por profissionais experientes.

Na revisão histórica, relativa à análise perceptiva da voz, que será apresentada seguidamente, será feita a distinção entre aspectos laringeos e velo-faríngeos.

### 2.6.1 Aspectos Laríngeos da Fala

A incapacidade do falante surdo em controlar a sua performance laríngea redundava em diferentes qualidades vocais e dificuldades no controlo da F0 e entoação. Os termos usados mais frequentemente para classificar a qualidade vocal são: *tensa*, *soprada*, *monótona*, *faríngea*, *sem ritmo*, *ressonância pobre* e *pouco forte* (Wirz, 1986).

De acordo com a literatura mais antiga (Rawlings, 1935), o pobre controlo laríngeo deve-se a padrões de respiração anormais. Rawlings (1935) descobriu que a fala das pessoas surdas é soprada e acompanhada de movimentos de respiração excessivos. Por sua vez, Calvert comparou as vozes, classificadas como sopradas e tensas, de pessoas com perda auditiva com as imitações vocais de sujeitos normo-ouvintes (Calvert, 1962). Tendo concluído que a classificação da qualidade vocal estava associada à frequência fundamental (e respectivos harmónicos) e à temporização dos movimentos articulatórios. Num outro estudo (Stark e Levitt, 1974) estudaram-se as vocalizações de crianças surdas pré-verbais e uma das suas observações era a de que estas crianças não adquiriam controlo sobre as variações da F0 e intensidade, como acontecia com as crianças normo-ouvintes.

Apesar de haver uma grande variedade de termos para classificar a qualidade vocal das pessoas com perda auditiva, não têm sido realizados grandes esforços para estudar a correlação entre estes termos perceptivos com aspectos acústicos ou fisiológicos. Foram realizados vários estudos (Wirz, 1986) que recorreram a classificações perceptivas mas poucos demonstraram ser úteis, replicáveis ou homogéneos quanto à classificação. Contudo, há estudos (Subtelny, 1977; Monsen, 1978; Wirz, 1986) que demonstram que pode existir homogeneidade na classificação da qualidade vocal, usando escalas perceptivas. Monsen (1978) comparou as avaliações dos ouvintes para as mesmas palavras em ocasiões diferentes. Subtelny (1977) e Wirz (1986) analisaram os espectrogramas relativos às produções de fala de pessoas surdas. Verificaram que as produções relaxadas das vogais eram significativamente diferentes das produções tensas. A diferença caracterizava-se pelo aumento da distribuição de amplitudes altas de energia sonora nas zonas de alta frequência do espectro (Subtelny, 1977; Wirz, 1986).

Existe falta de acordo, na literatura publicada, sobre a objectividade das classificações perceptivas. Esta constatação deve-se, essencialmente, a três factores: a unidade linguística produzida pode afectar a qualidade; existência de variação vocal



individual e várias características espectrais únicas; e presença de tensão laríngea e supra-laríngea que afectam os outros parâmetros da fala.

Outros autores (Voelker 1935; Gilbert 1980) tentaram estudar a performance laríngea dos falantes com perda auditiva estudando a entoação e a F0. Uma das primeiras tentativas realizadas para estudar a F0 foi efectuada por Voelker (1935). Ele usou técnicas estroboscópicas para descrever e comparar 28 crianças surdas a um grupo de controlo. Os resultados obtidos demonstraram que a F0 dos falantes surdos era idêntica, em média, à dos falantes normo-ouvintes (Voelker, 1935). Contudo, Voelker (1935) descobriu que os falantes surdos faziam poucas variações da F0 (usavam variações da F0 só que de forma mais restrita). Gilbert e Campbell (1980) também efectuaram um estudo sobre a F0, utilizando um desenho parecido com o de Voelker (1935). Em relação ao valor médio da F0 vocal chegaram à mesma conclusão. Descobriram que existia uma tendência para os falantes surdos realizarem variações da F0 pouco amplas (Gilbert e Campbell, 1980). Contudo essa observação não era generalizada.

Em estudos mais recentes, a variação da F0, na fala encadeada é considerada pequena nas crianças surdas pré-linguísticas; inversamente, nas pessoas com perda auditiva pós-linguística, a F0 baixa e a sua variação aumenta (Abberton, 2000).

Os resultados das pesquisas com protocolos de análise perceptiva-auditiva destacaram características relativas à qualidade de voz, ressonância, articulação e F0 (Abberton, 2000; Cukier e Camargo, 2005). Em relação à qualidade de voz são descritas: a *voz soprada*, pela dificuldade no controlo da musculatura intrínseca da laringe; a *voz tensa*, devido ao fechamento glótico excessivo e a *voz áspera*, relacionada com a tensão laríngea e à elevação da laringe (Cukier e Camargo, 2005).

Apesar de se reconhecer que a falta de controlo, nas variações da F0, afecta a inteligibilidade de fala da pessoa com perda auditiva, ainda não é completamente claro como se processa o controlo da F0 nas populações com perda auditiva e normo-ouvinte (Wirz, 1986; Abberton, 2000).

### **2.6.2 Aspectos Velo-faríngeos da Fala**

Uma das características que é frequentemente citada como inerente à fala do surdo é a *voz nasalada*. Contudo, é sempre difícil definir quais os aspectos que afectam a percepção de nasalidade. Em crianças com fenda do palato, a percepção de nasalidade é influenciada

pela variação da F0 e pela articulação incorrecta de fones (Wirz, 1986). Pode-se inferir que ocorrerá um fenómeno semelhante nas pessoas com perda auditiva. Desta forma, a descrição da nasalidade na fala dos surdos pode dever-se à incorrecta articulação de nasais, à incapacidade de fazer distinções oral/nasal, ou à variação da F0, ou a uma combinação entre os factores citados. No entanto, Seaver et al. (1980) concluíram que, ao nível dos atributos anatomo-fisiológicos, a nasalidade observada no discurso dos informantes surdos não é análoga à hipernasalidade encontrada na população com insuficiência velo-faríngea.

Na literatura (Abberton, 2000; Behlau et al., 2001; Cukier e Camargo, 2005) dedicada exclusivamente à população com perda auditiva, a ressonância é descrita como hipo ou hipernasal, “cul-de-sac” ou faríngea. No parâmetro relativo à articulação surgem relatos de movimentos de mímica facial exagerados e movimentos de articuladores móveis (e.g., língua, mandíbula e lábios) minimizados (Cukier e Camargo, 2005).

### 2.6.3 Análise Global

A análise global baseia-se na extrapolação e interpretação de valores tendo como ponto de partida o sinal de fala como um todo. Este tipo de análises surge na tentativa de encontrar uma abordagem de medição que permitisse analisar propriedades estatisticamente significativas no sinal de fala, produzido por diferentes grupos de informantes (Cowie e Sawey, 1995).

Num estudo (Cowie et al., 1995) realizado com adultos pós-linguísticos implantados, foi usada uma técnica para a obtenção automática de dados estatísticos relevantes. Cowie et al. (1995) verificaram que “*Pre-implant speech was abnormal in timing, intensity range, pitch height and change, frication and spectral balance. Implantation reduced some anomalies; left some unchanged and aggravated others.*” (Cowie et al. 1995, p. 198). Os resultados deste estudo (Cowie et al., 1995) reportaram-se a vários parâmetros:

- Volume: os resultados demonstraram uma tendência estatisticamente significativa para a redução do volume. Passados 24 meses as mudanças estavam dentro da normalidade para o grupo dos homens mas esta tendência não se verificou nas mulheres (em comparação com o grupo de controlo normo-ouvinte).
- Débito (“Timing”): os informantes surdos falavam mais lentamente do que o grupo de controlo. A colocação do implante teve o efeito de acentuar esta característica.

Este efeito deveu-se ao aumento do número de silêncios. Existem aspectos de intensidade, “timing” e F0 que estão, inevitavelmente, relacionados e cujas características melhoraram após a implantação. A duração dos picos e quebras de intensidade tornaram-se mais pequenas. Quanto às mudanças da F0 verificaram-se as mesmas tendências: as quebras diminuíram em duração na fase pós-implante.

- Intensidade: o uso do implante diminuiu a gama de variação de intensidades através da elevação do limite mínimo. Passados 24 meses, as mudanças eram apropriadas para os homens mas nas mulheres, comparativamente com o grupo de controlo, os picos de intensidade eram mais baixos.
- F0: Cowie et al. (1995) não encontraram efeitos significativos. A F0 média das mulheres estava próximo dos valores padrão mas nos homens os valores eram altos (pré e pós implante). Quanto aos valores mínimos e máximos da F0 (quedas e picos), a tendência era para a normalização dos valores masculinos e o afastamento da norma para os femininos. Após 24 meses de uso do IC, a variabilidade da F0 era fortemente reduzida em todos os grupos e para ambos os géneros.
- Ruído de fricção e propriedades espectrais: estas medidas estavam correlacionadas com o facto das pessoas com perda auditiva profunda não apresentarem energia acústica visível na zona de altas frequências e não conseguirem distinguir claramente as fricativas ao nível espectral (confusão existente entre /s/ e /S/).

Kotby (1996) apresentou resultados resultantes de várias análises acústicas e aerodinâmicas, realizadas em amostras de fala de crianças com perda auditiva. Os resultados revelam que pode existir uma falha nos processos de coordenação entre a respiração, fonação e articulação e sugerem que os dados acústicos obtidos podem estar quantitativamente correlacionados com os resultados da avaliação da percepção auditiva (Kotby, 1996).

#### **2.6.4 Abordagens Analíticas**

Este tipo de abordagem apresenta uma motivação mais fonética mas não segmental. Está explicitamente relacionada com o desenho das próteses auditivas e implantes cocleares, e com as capacidades do indivíduo para fazer o aproveitamento dos resíduos auditivos (Abberton, 2000). Os elementos dos diferentes padrões de fala podem ser investigados separadamente ou em combinação e a sua contribuição para a classificação da qualidade

vocal pode ser descrita e quantificada. Os elementos relevantes para estudar são o tipo de fonação, F0 (gama de valores e as medidas de tendência central), intensidade relativa e ruído de fricção. Este tipo de estudos são usados frequentemente em informantes com perda auditiva profunda e cujas capacidades perceptivas estejam extremamente limitadas no domínio frequencial (pouca variação dinâmica) mas que apresentam boas capacidades de resolução temporal (Abberton, 2000). A utilização de aparelhos auditivos permite que o padrão de vibração das pregas vocais seja correlacionado, de forma natural e linguisticamente relevante, com o padrão de processamento auditivo (Abberton, 2000).

Este tipo de abordagem também permite a construção de apoios auditivos criados especialmente para uma comunidade linguística específica (Abberton, 2000). O benefício resultante da audição clara da F0 e do tipo de fonação é inquestionável para os falantes de todas as línguas. Os aparelhos auditivos deste tipo, que auxiliam a percepção e produção da fala, são destinados a uma população de informantes surdos profundos que não beneficiam das ajudas convencionais: implantes cocleares. Relativamente aos utilizadores de implantes, vários estudos (Cleary, Kirk e Pisoni, 2005; Cukier e Camargo, 2005; Prado, 2007) revelam efeitos positivos na qualidade vocal fruto do uso desse apoio técnico. Salienta-se a regularização do padrão vibratório das pregas vocais, melhoras na gama dinâmica da F0 e no controlo da entoação (Abberton, 2000).

Toffin (1995) dá-nos outro exemplo da importância da utilização de implantes cocleares para a melhoria da qualidade vocal. Os resultados revelaram melhoras significativas ao nível da gama de valores da F0, intensidade e regularidade do padrão de vibração das pregas vocais imediatamente após a activação do implante (Toffin, 1995). Esta tendência não se verificou quando se trocou o implante por uma ajuda auditiva convencional. Svirsky e Chin (1999) mostraram o mesmo efeito do “feedback” auditivo na qualidade vocal quando realizaram experiências “on/off” com implantes.

Barac-Cikoja (2004) analisou o efeito do “feedback” auditivo no ritmo de fala e na F0. Foram geradas alterações espectrais através da substituição do “feedback” por ruído (filtrado em várias bandas de frequência e modelado em tempo real). Todos os sujeitos em estudo eram surdos pós-linguísticos com fala inteligível. Formaram-se dois grupos: sete utilizadores de prótese auditiva com perda auditiva severa a profunda e seis utilizadores de IC. Para ambos os grupos o ritmo de fala diminuiu significativamente e a variabilidade do ritmo cresceu com o aumento do “delay” do “feedback auditivo” (Barac-Cikoja, 2004). A

F0 aumentou significativamente no grupo que utilizava próteses auditivas mas não se verificaram alterações no outro grupo. As diferenças parecem reflectir a maior capacidade de resolução espectral presente nos indivíduos com IC.

## **2.7 Sumário**

Neste capítulo descreveram-se os aspectos mais relevantes ao nível da produção de fala de crianças com perda auditiva. Os aspectos suprasegmentais e segmentais foram analisados tendo sido feita uma reflexão sobre a importância de ambos para a compreensão/produção da fala. Dentro dos aspectos segmentais destacou-se o desenvolvimento pré-lexical e o desenvolvimento segmental. Relativamente a este último aspecto a análise incidiu nas relações entre ponto, modo e vozeamento, para as consoantes. Nas vogais, introduziram-se noções de coarticulação e “average vowel spacing”.

Na segunda parte deste capítulo foi definido o conceito de inteligibilidade, analisaram-se os aspectos que influenciam o desenvolvimento da mesma, estudaram-se testes específicos para avaliar a inteligibilidade e analisou-se o contributo do “Speech Intelligibility Index” para a análise da inteligibilidade.

Finalmente, descreveram-se os aspectos laríngeos e velo-faríngeos que caracterizam a qualidade vocal das pessoas com perda auditiva. Sendo dada atenção especial à caracterização vocal desta população através de medidas objectivas e quantificáveis (e.g., variações de F0).



## Capítulo 3. Método

### 3.1 Introdução

Esta secção contém informação sobre a constituição do corpus e os procedimentos usados para analisar os dados. Faz-se uma descrição das várias actividades realizadas para estudar as vogais e fricativas. Seguidamente, descreve-se a população que participa no estudo. Finalmente, expõem-se os procedimentos adoptados para realizar a gravação, segmentação e anotação, e tratamento dos dados.

### 3.2 Criação do Corpus de Palavras

O Corpus é constituído por 52 palavras dissilábicas (ver Tabela 4a e 4b), 25 com oclusivas e 27 com fricativas em posição medial. A maioria dos fonemas alvos encontra-se numa posição pós-tónica (à excepção de *bebé*, *sofá*, *café* e *caju* que estão em posição tónica). No âmbito desta Dissertação analisaram-se todos os fonemas, em palavras com fricativas (estão inseridas na primeira actividade). Numa outra Dissertação<sup>3</sup> serão apresentados os resultados da análise de palavras com oclusivas.

Os fonemas em estudo são delimitados anterior e posteriormente por vogais diferentes (e.g., na palavra *chupa*, a vogal /u/, fechada e recuada, e a vogal /6/ - central). A presença de vogais que permitam definir os extremos do espaço das vogais é fundamental, uma vez que um dos objectivos deste estudo passa pela análise do espaço médio das vogais (“average vowel space”). Contudo, devido à natureza do corpus (palavras dissilábicas, simples e com representação visual acessível), não foi sempre possível ter presente /i, e/, /E, a/, /6, O/ ou /o, u/ em proporções idênticas. Algumas das palavras do corpus terminam em /u/, o que poderá originar uma redução ou elisão deste fonema.

---

<sup>3</sup> Domingues, M. (2009). Produção de Oclusivas em Crianças Surdas com Implante Coclear. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Portugal.

Oclusivas	Palavra	SAMPA	Nº de Ficheiro
/p/	chupa	["Sup6]	01
	lupa	["lup6]	02
	sopa	["sop6]	03
/b/	lobo	["lobu]	04
	bebé	[bE"bE]	05
	rabo	["Rabu]	06
/t/	mota	["mOt6]	07
	bota	["bOt6]	08
	fita	["fit6]	09
	seta	["sEt6]	10
/d/	roda	["ROd6]	11
	dado	["dadu]	12
	dedo	["dedu]	13
/k/	boca	["bok6]	14
	saco	["saku]	15
	faca	["fak6]	16
	bico	["biku]	17
	pica	["pik6]	18
	seco	["seku]	19
	tico	["tiku]	20
/g/	joga	["ZOg6]	21
	liga	["lig6]	22
	lego	["lEgu]	23
	pega	["pEg6]	24
	chega	["Seg6]	25

Tabela 4a: Corpus de oclusivas.



Fricativas	Palavra	SAMPA	Nº de Ficheiro
/f/	sofá	[su"fa]	26
	café	[k6"fe]	27
	bufa	["buf6]	28
/v/	chuva	["Suv6]	29
	luva	["luv6]	30
	nova	["nOv6]	31
	leva	["lEv6]	32
	lava	["lav6]	33
/s/	coça	["kOs6]	34
	missa	["mis6]	35
	laço	["lasu]	36
	gesso	["Zesu]	37
	passa	["pas6]	38
	massa	["mas6]	39
/z/	mesa	["mez6]	40
	rosa	["ROz6]	41
	peso	["pezu]	42
	reza	["REz6]	43
	pizza	["piz6]	44
/S/	ficha	["fiS6]	45
	puxa	["puS6]	46
	lixo	["liSu]	47
	bicha	["biS6]	48
	bicho	["biSu]	49
/Z/	loja	["lOZ6]	50
	suja	["suZ6]	51
	caju	[ka"Zu]	52

Tabela 4b: Corpus de fricativas.

As várias palavras (inseridas na primeira actividade) foram produzidas tendo como suporte uma apresentação de imagens fotográficas (ver Figura 10). As imagens utilizadas foram retiradas da Internet através da aplicação Google Image Search. Um dos principais motivos que conduziu à utilização da Internet, como fonte de imagens, foi o facto de ser um instrumento de trabalho universal. As imagens disponíveis estão livres de qualquer constrangimento a nível do acesso, além de que a simplicidade deste recurso permite a replicação de alguns dos procedimentos descritos neste trabalho.

O recurso a imagens fotográficas foi considerado como imprescindível para a concretização deste teste de nomeação, uma vez que permitem uma representação mais exacta. Desta forma a sua aplicação torna-se pertinente dado que se procura conformidade de critérios: simplicidade e acessibilidade na construção do corpus e na estruturação imagética. A maior parte das imagens apresentadas representam directamente (sem ambiguidade semântica) a palavra referida no corpus. As palavras de acção requereram imagens mais elaboradas, mas o critério de ausência de ambiguidade foi mantido.



Figura 10: Forma de apresentação das imagens (palavra *bebé*). De Inconsiderações Várias (2008).

### 3.2.1 Apresentação do Corpus

Na primeira actividade, foi pedido a cada criança para nomear a imagem apresentada (Tabela 4b), caso a nomeação não ocorresse à primeira tentativa seria usado um procedimento definido previamente. Os procedimentos contemplaram vários tipos de ajuda para facilitar a produção, como a mímica, gesto idiossincrático, pistas silábicas, pistas fonéticas, descrição da função, contraste semântico, repetição e evocação de palavras e pistas de entoação (suspensão na palavra chave). As palavras que foram produzidas nesta actividade estão na base dos resultados apresentados. As actividades descritas seguidamente, foram criadas para permitir análises diversificadas e complementares. Contudo, os dados obtidos a partir destas não foram analisados.

Com o intuito de fazer uma análise acústica mais detalhada, integraram-se algumas das palavras do corpus numa actividade de descrição duma imagem complexa (ver Figura 11). Desta forma pretendia-se proceder à reprodução de algumas palavras num contexto de discurso espontâneo. As palavras integradas na imagem foram as seguintes: *lupa*, *sopa*, *lobo*, *rabo*, *bota*, *fita*, *roda*, *dado*, *dedo*, *boca*, *bico*, *joga*, *pega*, *sofá*, *bufa*, *chuva*, *luva*, *leva*, *laço*, *mesa*, *rosa*, *pizza*, *ficha* e *lixo*. As crianças não conseguiram produzir todas as palavras presentes dada a natureza de algumas das palavras.

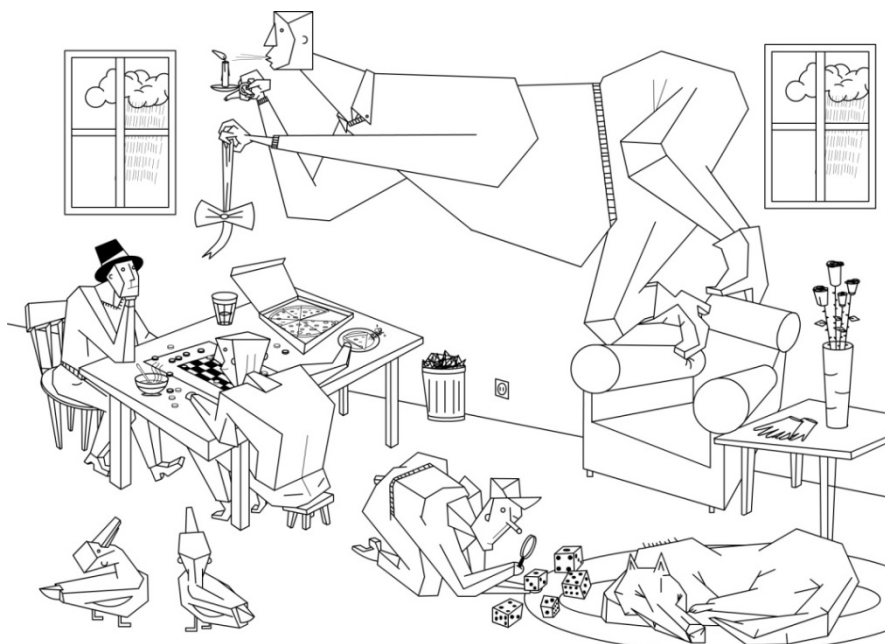


Figura 11: Ilustração utilizada na tarefa de descrição de imagens com palavras presentes no corpus. Ilustração por André da Loba.

Além destes momentos, criou-se outro momento para promover a produção de fala encadeada (em discurso espontâneo). Esta actividade visava permitir a análise dos padrões de fala (de forma menos formal) e da qualidade vocal. O discurso encadeado permite uma análise da F0. Para o efeito utilizaram-se duas actividades de natureza informal. A exploração das tarefas ocorreu entre a criança avaliada e o terapeuta avaliador.

A primeira actividade a ser realizada foi o *Jogo dos Segredos* (ver Figura 12). Esta actividade consistia na enumeração de várias características do objecto sem o nomear directamente. Desta forma cada jogador tirava um cartão e fornecia pistas de diferentes índoles (fonéticas, fonológicas, semânticas e gestuais idiossincráticas) até o outro jogador adivinhar o segredo. As imagens utilizadas foram retiradas do jogo *Digo o que faço, faço o que digo* (Pereira, 1990). Para se obterem dados fiáveis utilizaram-se os mesmos cartões para todas as crianças que realizaram esta actividade (3 crianças surdas e 3 normo-ouvintes). Os cartões representavam as palavras seguintes: *mola, porco, iogurte, casaco, bota, caneca, pá, barco, boneca, pijama, cueca, camisola, calções, lâmpada, televisão, sofá, rádio, sapato, pinto, galinha, pote, vestido, camisa, peluche, bicicleta, avião, ovo, toalha, legos e cavalo*.



Figura 12: Imagens do Jogo dos Segredos. De Pereira (1990).

Para as crianças restantes (1 criança surda e 1 criança normo-ouvinte) efectuou-se uma actividade de “role-play” (ver Figura 13), que envolveu o seguinte material: casa de bonecas (com mobília do quarto e bonecos) e vários bonecos (com várias roupas e alguns utensílios). À medida que a tarefa decorria, estimulavam-se produções das crianças quanto à nomeação (dar o modelo), função (para que serve?), categorização (a que grupo

pertence?) e exploração contextual dos objectos (comparação com os objectos da sua casa). Esta actividade foi realizada com as crianças mais novas deste estudo.



Figura 13: Imagem das actividades de “role-play”.

Foi necessário elaborar duas actividades diferentes devido aos diferentes graus de desenvolvimento e maturidade evidenciados por estas crianças. Na escolha das imagens/objectos deu-se preferência às que continham oclusivas e fricativas, de forma a respeitar o objectivo do estudo. A selecção das palavras não foi restringida pelos parâmetros escolhidos para o teste de nomeação. Desta forma, foram incluídas palavras com estrutura silábica diversa e cujos fones (oclusivas e fricativas) não se cingissem à posição medial. Também não houve a preocupação em manter uma representatividade vocálica equilibrada, uma vez que o objectivo fundamental era a análise do discurso espontâneo.

### 3.3 Consistência do Corpus

Na actividade de nomeação de imagens (primeira actividade e a que é alvo de análise ao longo do trabalho), verifica-se que existe equilíbrio em relação ao número de oclusivas e fricativas. O número total de palavras é bastante próximo: 25 palavras no grupo das oclusivas e 27 no das fricativas.

Todos os fones, em posição medial, apresentam um mínimo de três palavras. Foram introduzidas mais algumas palavras, com os fones /t/, /k/, /g/, /v/, /s/, /z/ e /S/, de forma homogeneizar a representatividade vocálica. O recurso a estes novos elementos do corpus permitiu uma maior representatividade dos grupos de vogais anteriores: /i, e/ e /E, a/. Como é possível verificar, através da observação da Tabela 5 e Figura 14, as vogais centrais e posteriores são as mais representadas. Esta disposição particular pode ser fruto

da especificidade deste corpus: palavras dissilábicas, com oclusivas e fricativas em posição medial e com representação imagética adequada ao nível de desenvolvimento.

	Oclusivas	Fricativas	Total
/i, e/	8	9	17
/E, a/	9	8	17
/6, O/	19	24	43
/o, u/	14	12	26

Tabela 5: Quantificação das vogais antecedentes e precedentes em função das oclusivas e fricativas em posição medial.

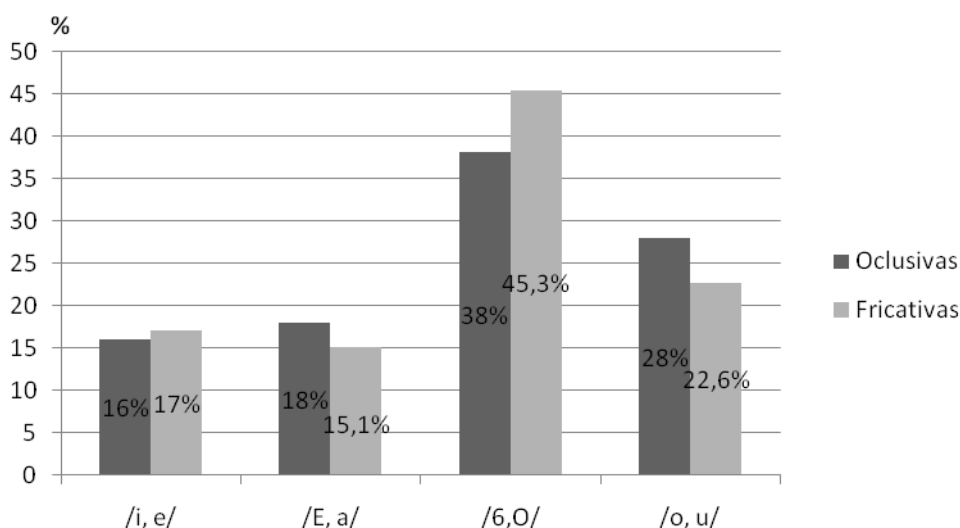


Figura 14: Disposição comparativa entre os grupos de vogais antecedentes e precedentes em função das oclusivas e fricativas em posição medial.

Na Figura 14 é possível verificar que o grupo /6, O/ tem maior representatividade para as fricativas, enquanto em /o, u/ a relação é inversa. Nos grupos /E, a/ e /i, e/ existe um maior equilíbrio de representatividade. Analisando todos os grupos de vogais constata-se que o seu número em palavras com oclusivas e fricativas é muito similar.

### 3.4 Características dos Informantes

A criação da base de dados teve em conta os dois grupos de trabalho criados (crianças com IC e crianças normo-ouvintes) e os diferentes dados recolhidos. Inicialmente foram realizadas gravações de sinais de áudio e de electroglotografia (EGG) dos grupos de

trabalho de forma a identificar as dificuldades articulatórias e estabelecer um protocolo eficaz para a recolha de dados.

As crianças com IC foram recrutadas dos Agrupamentos Escolares das Antas e de Matosinhos, com o devido consentimento dos responsáveis escolares e dos encarregados de educação. As crianças têm idades compreendidas entre 5 e 11 anos. As gravações foram realizadas na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Foram gravados 8 informantes: 4 normo-ouvintes (2 ♂ e 2 ♀) e 4 crianças com IC (2 ♂ e 2 ♀).

### 3.4.1 Crianças Normo-Ouvintes

Os dados relativos a estas crianças foram recolhidos através dos encarregados de educação e familiares próximos. De forma a ter autorização para analisar o discurso destas crianças, foram feitos contactos telefónicos e presenciais com os respectivos encarregados de educação. Estes foram informados sobre os objectivos gerais do estudo e assinaram um documento formalizando o seu consentimento (o formulário encontra-se no Anexo A). Foram analisados alguns dados relativos à fala destas crianças e retirados alguns dados demográficos. De uma forma geral, os critérios principais de inclusão eram: idade cronológica; desenvolvimento da linguagem, fala e audição característico da faixa etária; e a língua materna ser o Português Europeu. É fundamental referir que todas as crianças foram avaliadas previamente, por um Terapeuta da Fala, de forma a caracterizar o nível de desenvolvimento linguístico e auditivo (Anexo B). Os dados obtidos estão sintetizados na Tabela 6.

Informante	Género	Idade cronológica
JB	F	4;10
MS	F	6;9
RV	M	9;9
JT	M	10;5

Tabela 6: Dados demográficos das crianças normo-ouvintes.

### 3.4.2 Crianças Surdas

Neste caso, o procedimento adoptado na obtenção de autorização foi idêntico ao das crianças normo-ouvintes. Os dados relativos a estas crianças foram recolhidos com o consentimento dos encarregados de educação e em parceria com os tutores/directores de turma. Os dados das crianças em estudo encontram-se organizados na Tabela 7.

I.	G.	Et.	PTA	I.S.	I.D.	I.C.I.C	I.C.	T.U.I.C	M.C.
TG	F	Congénita	85 dB	Pré-lingual	0;9	1;10	5;1	3;3	Oral
ML	F	Congénita	90 dB	Pré-lingual	0;9	2;1	6;3	4;2	Oral
MP	M	Meningite Bacteriana 16 M	95 dB	Pré-lingual	1;4	2;2	9;3	7;1	Oral
JC	M	Congénita	95 dB	Pré-lingual	0;8	2;3	11;2	8;9	Oral

Tabela 7: Dados demográficos das quatro crianças implantadas em estudo (I. Informante; G. Género; Et. Etiologia; PTA limiares auditivos no melhor ouvido antes da colocação do IC; I.S. Idade de surgimento da surdez; I.D. Idade de Diagnóstico; I.C.I.C Idade de colocação do implante coclear; I.C. Idade Cronológica; T.U.I.C. Tempo de uso do implante coclear; M.C. Modo de comunicação).

### 3.5 Gravação

Os informantes encontravam-se colocados em frente a um microfone Behringer ECM8000, omnidireccional, localizado a 4 cm de distância da boca, ligado a uma placa de som interna a um electroglotografo EG2-PCX produzido pela Glottal Enterprises, USA (com eléctrodos de 28 mmm – tamanho pediátrico). O sinal acústico foi gravado em simultâneo com o sinal de EGG num computador, a 16 bits e com uma frequência de amostragem de 44.1 kHz. As gravações decorreram numa cabine ABS-AUD.45.1, produzida por Absorsor, Portugal, com redução sonora de 45 dB.



### 3.6 Segmentação e Anotação

Devido à extensão do corpus e à quantidade de gravações, a análise efectuada para esta Dissertação cingiu-se à análise das fricativas e vogais no momento de nomeação de imagens isoladas (primeira actividade).

Para a segmentação das palavras, utilizou-se o programa Adobe Audition 3.0. Posteriormente, foi utilizado o Speech Filing System (SFS) para proceder à anotação das mesmas. Os marcadores inseridos foram os seguintes (ver Figura 15): início do fone anterior (IFA), início da fricativa (IF), ponto medial da fricativa (ALIGN), fim da fricativa (FF) e fim do fone final (END). O espaço delimitado por IFA e IF corresponderia à vogal inicial e para a vogal final esse intervalo era marcado por FF e END. Nem sempre o fone pertencente ao corpus era produzido.

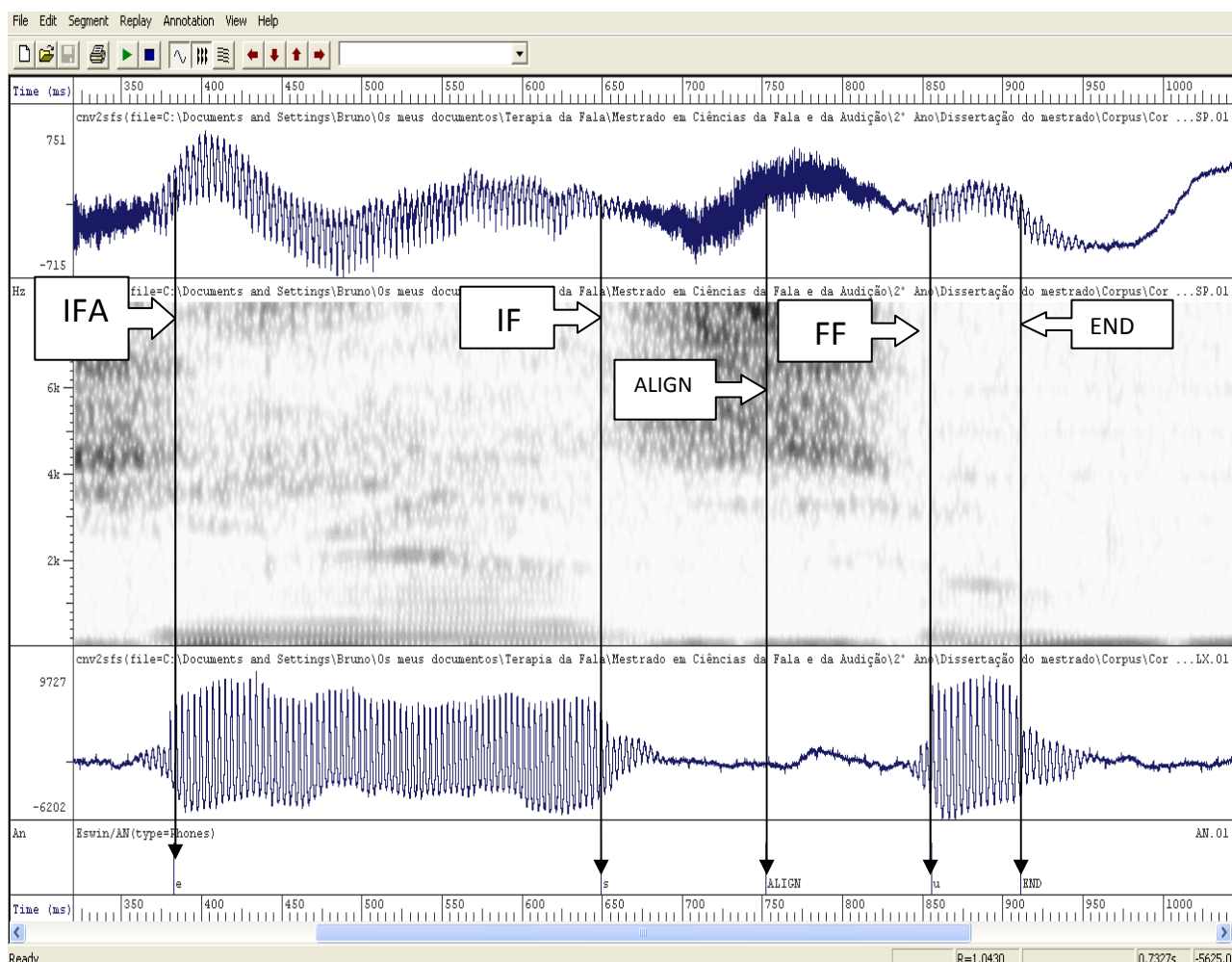


Figura 15: Anotação da sequência VCV da palavra ['Zesu] produzida por JC. Estão representados (de cima para baixo) o sinal acústico e respectivo espectrograma, e o sinal de EGG.

A informação retirada através do SFS foi organizada em ficheiros de texto. Como referido anteriormente, efectuaram-se várias marcações nos ficheiros do SFS: IFA, IF, ALIGN, FF, END. Para cada um destes marcadores, retiraram-se os respectivos valores temporais, códigos para as diferentes fricativas e a categoria do vozeamento (ver Figura 17). Para as vogais não foi necessário criar nenhum procedimento específico para retirar dados. As fricativas foram rotuladas da seguinte forma: 1 - [f]; 2 - [v]; 3 - [T]; 4 - [D]; 5 - [s]; 6 - [z]; 7 - [S]; 8 - [Z]. Em caso de substituição por oclusiva usar-se-iam os seguintes rótulos: 9 - [p]; 10 - [b]; 11 - [t]; 12 - [d]; 13 - [k]; 14 - [g]. Caso a fricativa não fosse produzida, e não fosse substituída por uma oclusiva, seria atribuída a designação 15. A classificação relativa ao vozeamento das fricativas seguiu os seguintes critérios (Jesus e Shadle, 2002):

- Quando o sinal acústico ou o sinal de EGG não apresentavam uma estrutura periódica, considerou-se não vozeada (0).
- Quando a duração do vozeamento (verifica-se uma estrutura periódica no sinal acústico ou no sinal de EGG) foi  $< \frac{1}{3}$  da duração da fricativa, considerou-se desvozeada (1) (ver figura 16).
- Quando a duração do vozeamento estava entre  $\frac{1}{3}$  e  $\frac{1}{2}$  da duração da fricativa, considerou-se parcialmente desvozeada (2).
- Quando a duração do vozeamento foi  $> \frac{1}{2}$  da duração da fricativa, considerou-se vozeada (3).

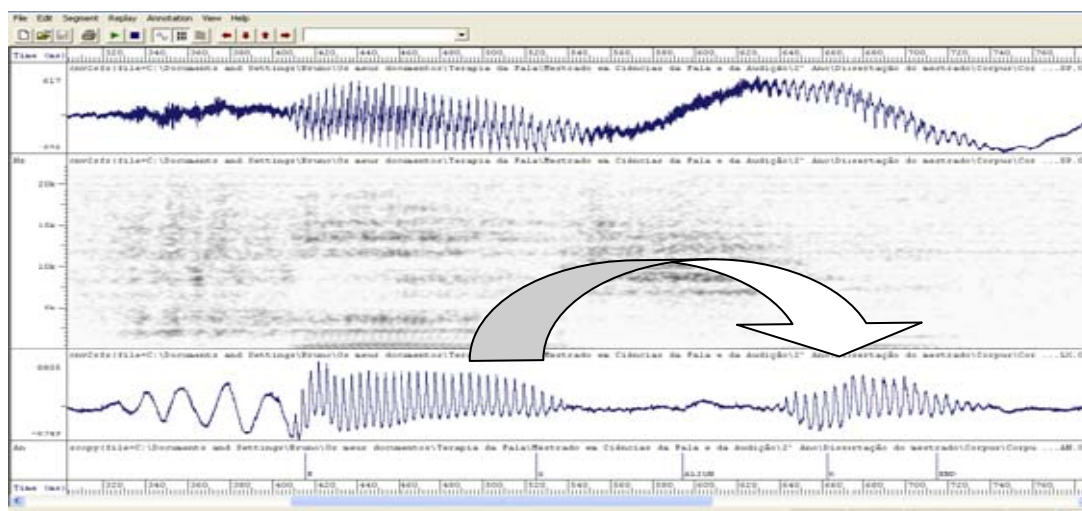


Figura 16: Anotação da sequência VCV da palavra ["REz6] produzida por MS. Exemplo de desvozeamento completo.

Foram produzidos ficheiros com a extensão .lab que continham os dados descritos anteriormente. O ficheiro apresentava as iniciais do informante conjuntamente com o número da palavra pertencente ao corpus: JB026, produção pelo informante JB da palavra 26 – *sofá* (ver Figura 17). A informação estava organizada de acordo com a seguinte estrutura: início do fone anterior, início da fricativa, ponto medial da fricativa, fim da fricativa, fim do fone final, rótulo da fricativa e categoria de vozeamento. Na Figura 17 é possível verificar a disposição da informação: os valores temporais para cada um dos marcadores, rótulo da fricativa (1 - [f]) e classe de vozeamento (0 – não vozeada).

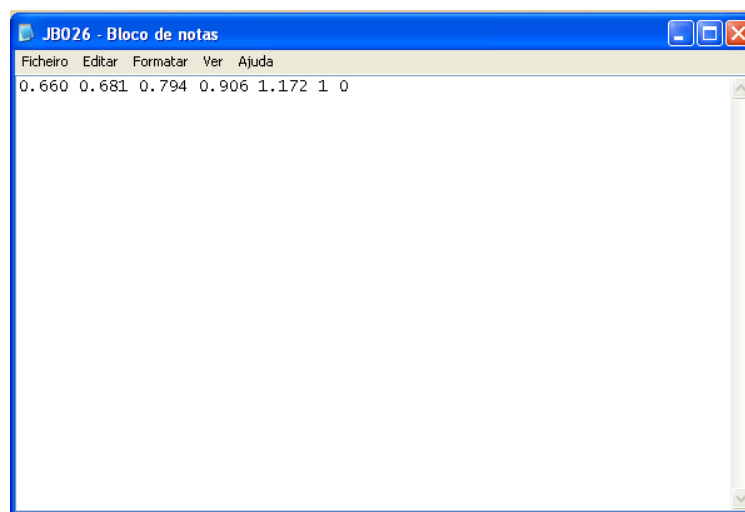


Figura 17: Anotação dos valores temporais para cada um dos marcadores criados, rótulo da fricativa e classe de vozeamento, da palavra [su"fa], para JB.

Para todas as sequências VCV foi realizada a transcrição fonética que foi posteriormente organizada em ficheiros de texto com a extensão .phn. Estes ficheiros apresentavam nome com uma organização idêntica aos anteriores: combinação das iniciais do informante com o número da palavra pertencente ao corpus (ver Figura 18). Os ficheiros continham a transcrição fonética da produção oral, para as palavras respectivas, de todas as crianças em estudo (ver Figura 18). A transcrição foi feita através do alfabeto fonético SAMPA.



Figura 18: Transcrição fonética da sequência VCV, da palavra [su"fa], para JB.

Foi criado um ficheiro de texto para cada um dos informantes que continha informação sobre a data e hora da realização da gravação, equipamento utilizado e procedimento de colocação do microfone, tipo de dados recolhidos, as actividades realizadas e os ficheiros correspondentes a cada uma delas. Na Figura 19, é possível verificar que JB realizou a actividade de nomeação (JBpalavras: JB001-JB052), descrição de imagens (JBfrases1: JB053-JB063) e o *Jogo dos Segredos* (JBfrases2: JB064-JB110).

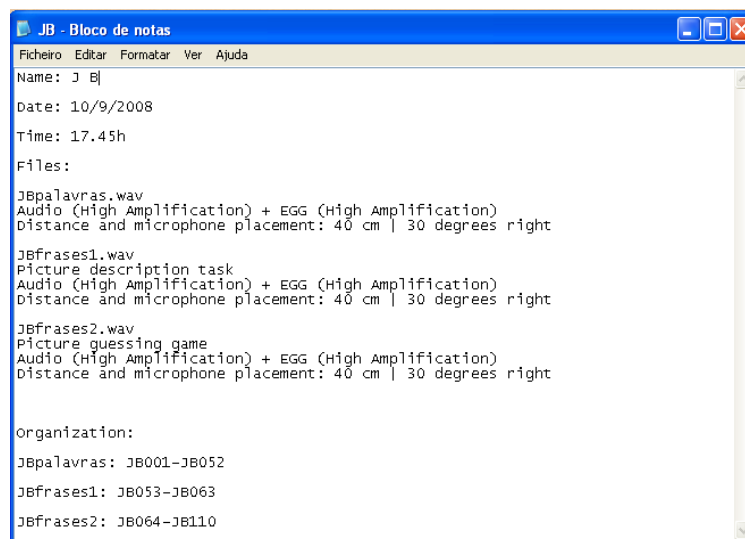


Figura 19: Organização da informação presente no corpus para JB.

### 3.7 Obtenção e Tratamento de dados

Seguidamente, os ficheiros do SFS juntamente com os ficheiros de texto .lab e .phn. foram utilizados na obtenção automática de dados. Para o efeito utilizaram-se scripts específicos do Matlab e SFS que retiraram informações sobre diferentes parâmetros, para as vogais e fricativas. Foi adicionada a todos os ficheiros em formato .sfs informação sobre os traçados da F0 e formantes utilizando os seguintes programas e respectivas parametrizações (ver Figuras 20a e 20b):

```
fxrapt -isp FileName.sfs
txanal -isp FileName.sfs
txstat -isp FileName.sfs
formanal -isp FileName.sfs
fmtrack -ifm FileName.sfs
```

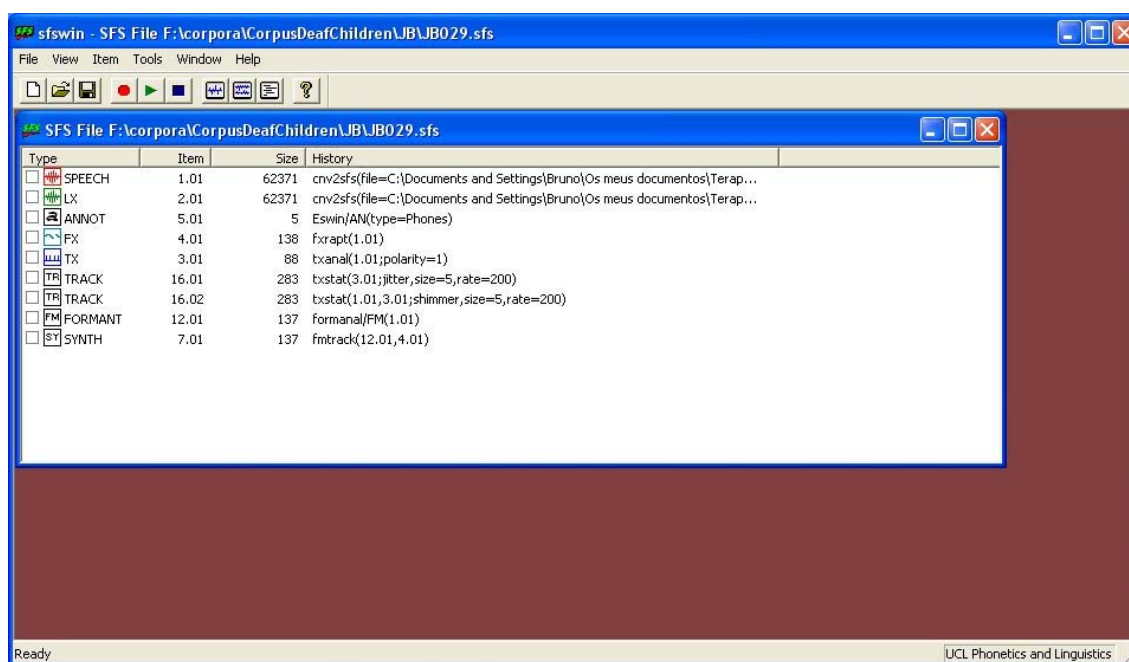


Figura 20a: Informação sobre traçados da F0 e formantes, e programas utilizados.

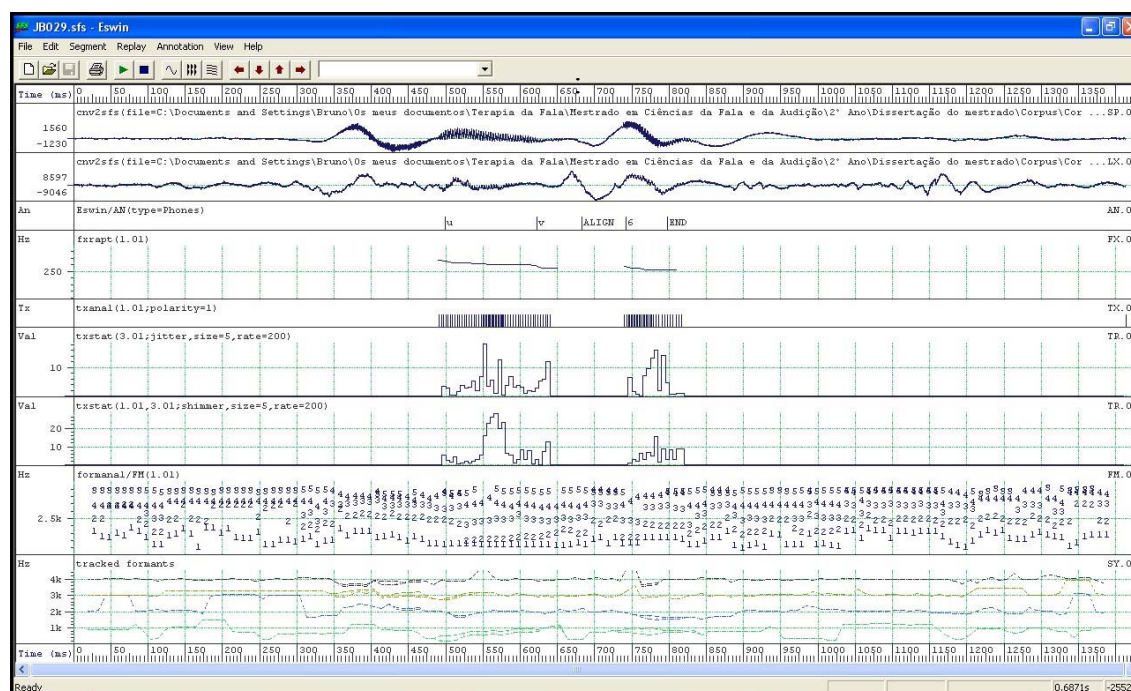


Figura 20b: Disposição dos dados no SFS para a palavra *luva*, relativa à informante JB.

Foram criados scripts com a linguagem Speech Measurement Language (SML), através dos quais foram calculados os valores da F0, F1 e F2, Jitter e Shimmer no ponto médio das vogais, utilizando as seguintes linhas de código:

```
F1pontomedio=f1(pontomedio)
F2pontomedio=f2(pontomedio)
F0=fx(pontomedio)
select(16.01)
jitter=tr(pontomedio)
select(16.02)
shimmer=tr(pontomedio)
```

Para as palavras com fricativas, produzidas por todos os informantes, extraíram-se dados relativos ao vozeamento, duração da fricativa, duração do fone anterior e posterior à fricativa e medidas de declive espectral. Estes dados permitiram fazer uma análise estatística (com o SPSS 15) sobre a duração e as medidas de declive espectral, caracterizar o tipo de vozeamento verificado em cada um dos grupos em estudo.

No caso das vogais, em posição medial e final, as informações retiradas referiam-se às durações, frequência da primeira formante (F1), frequência da segunda formante (F2), F0, Jitter e Shimmer. No caso das vogais ainda se transformaram os valores de F1 e F2 em

Hz para a escala de Bark (Zwicker e Terhordt, 1980), de forma a fazer uma análise sobre o espaço de percepção. A caracterização acústica das vogais pode ser efectuada através de uma análise espectrográfica das ressonâncias do tracto vocal, das formantes, sendo frequente usar as duas primeiras, por ordem crescente, para caracterizar cada vogal (Ladefoged, 2005; Ladefoged, 2006). Esta colecção de dados permitiu a realização de uma análise estatística (com o SPSS 15) detalhada sobre os dados de duração, F1, F2, F0, Jitter e Shimmer; estudo da relação entre F1 e F2 para os vários elementos de cada um dos grupos, análise sobre o espaço de percepção e caracterização da qualidade vocal dos intervenientes no estudo.

Relativamente aos dados sobre as transcrições fonéticas foram criados ficheiros que continham informação sobre os fones que faziam parte do corpus, na sequência VCV, e os realmente produzidos. Desta forma foi possível classificar os tipos de erros ocorridos, comparar a tipologia dos erros entre os dois grupos de informantes e os pares criados, e analisar os fones mais afectados de acordo com a capacidade auditiva dos informantes.

### **3.8 Parametrização do Espectro das Fricativas**

Neste trabalho foram utilizados parâmetros similares aos utilizados por Jesus e Shadle (2002), com o intuito de comparar a produção de fricativas entre informantes, verificar as características das fricativas em palavras reais e aprofundar o conhecimento sobre os mecanismos de produção subjacentes às variações específicas do Português Europeu. Estes parâmetros foram desenvolvidos como uma potencial ferramenta de classificação das fricativas, produzidas no discurso natural (Jesus e Shadle, 2002). Os parâmetros consistem em medições do declive espectral e da gama dinâmica do espectro, e são aplicados ao espectro “*far-field*” do sinal acústico, estimado usando a técnica multitaper. Para o efeito foram utilizadas janelas de 11 ms no centro das fricativas.

Neste estudo, a preocupação fundamental é descrever as variações acústicas originadas pelo contexto ou pela forma como as fricativas foram produzidas. A identificação directa da fricativa, sem recurso a informações contextuais, não é considerada importante.

O parâmetro F apresentado na Figura 21 foi definido por Jesus e Shadle (2002) como a frequência em que a amplitude espectral é máxima, excluindo a F0 e os harmónicos nas fricativas vozeadas. A expectativa seria que F corresponderia à frequência



da primeira ressonância e funcionaria como destino final para as rectas que definem o declive espectral. Apesar disso, particularmente para /f, v/, os valores de  $F$  eram muito variáveis (desde 4.2 a 7.8 kHz). Para os casos em que a gama de valores de  $F$  variasse de forma significativa, calculou-se outro parâmetro,  $\bar{F}$ . O cálculo deste parâmetro permitiu diminuir a variabilidade dos valores, sendo possível estabelecer os seguintes valores padrão:  $\bar{F}/f,v/ = 5$  kHz,  $\bar{F}/s,z/ = 6$  kHz e  $\bar{F} = 4$  kHz (Jesus e Shadle, 2002). Contudo, a utilização de  $\bar{F}$  implica que se ignore as mudanças ocorridas no espectro fruto do contexto vocálico (Jesus e Shadle, 2002).

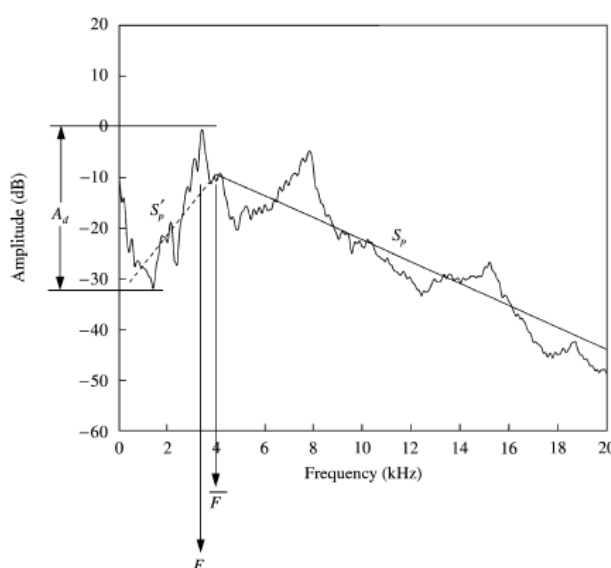


Figura 21: Linhas de regressão usadas para calcular o declive de baixa frequência ( $S'_p$ ) e o declive de alta frequência ( $S_p$ ). De Jesus e Shadle (2002).

Foram colocadas duas linhas de regressão linear no espectro:  $S'_p$  é o declive da linha utilizada para integrar todos os pontos de amplitude espectral que surgem entre 500 Hz e  $\bar{F}$ ;  $S_p$  é o declive da linha que integra todos os pontos desde  $\bar{F}$  até 20 kHz (Jesus e Shadle, 2002). Esta gama de frequências captura as variações relevantes no declive do espectro ao contrário de estudos anteriores (Jesus e Shadle, 2002).

Dadas as definições anteriores, e conjuntamente com informação sobre comportamento articulatorio e dos parâmetros analisados, podem ser feitas várias predições (ver Tabela 8). O parâmetro  $S_p$  deveria estar relacionado com a intensidade de ruído da fonte. Apesar dos picos de ressonância afectarem o declive da recta, eles deveriam afectá-la da mesma forma na comparação entre fricativas. Desta forma, para uma dada



fricativa,  $S_p$  deveria aumentar, ou seja, tornar-se menos negativa à medida que aumenta a velocidade do fluxo de ar que passa pela constrição.

Classe fonética	Efeito acústico e articulatório	Predições
Sibilantes (relativamente às não sibilantes)	Fonte localizada; Fonte sonora mais intensa	$S_p'$ alto; $S_p$ baixo
Ponto de articulação posterior (relativamente a um ponto mais anterior)	Cavidade frontal longa	$S_p'$ alto; F baixo
Não vozeadas	Fonte sonora mais intensa	$S_p'$ e $S_p$ altos
Vozeadas	Fonte sonora menos intensa	$S_p'$ e $S_p$ baixos
Informantes masculinos	Cavidade frontal longa	F baixo $S_p$ baixo; $S_p'$ alto
Informantes femininos	Cavidade frontal curta	F alto; $S_p$ alto; $S_p'$ baixo

Tabela 8: Efeitos previstos nos vários parâmetros. Adaptado de Jesus e Shadle (2002).

A ênfase silábica pode estar correlacionada com o aumento do fluxo de ar. A velocidade deve também ser máxima no ponto médio da fricativa, quando a área de constrição é mínima e a pressão é máxima. Quando a fricativa apresenta uma fonte localizada e um ponto articulatório posterior,  $S_p'$  é máximo. Para uma dada fricativa, o aumento de  $S_p'$  deve ser correlacionado com um ponto de articulação mais posterior ou uma fonte sonora mais intensa. Quando há um ponto articulatório posteriorizado F diminui; na presença de uma fonte intensa a amplitude do pico de F aumenta. A Tabela 8 sumariza os efeitos previstos para cada uma dos parâmetros referidos.

De acordo com a Figura 22, prevê-se que ao criar um gráfico de  $S_p'$  vs  $S_p$  cada ponto de articulação irá agrupar-se de forma distinta. Comparativamente com as fricativas não vozeadas, as fricativas vozeadas terão  $S_p'$  mais baixo mas os valores de  $S_p$  serão similares.

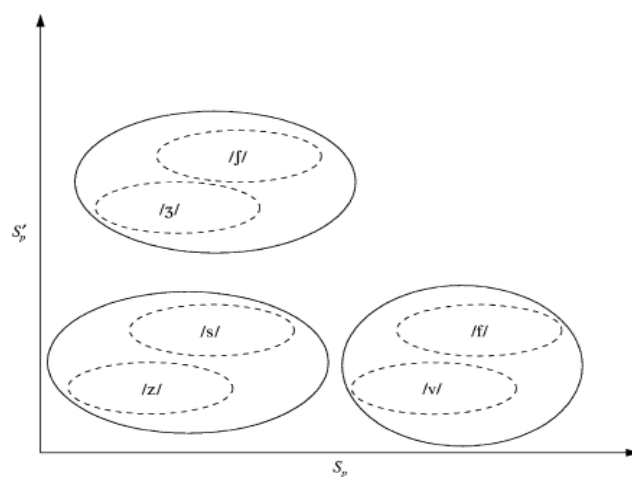


Figura 22: Relações previstas entre  $S_p'$  vs  $S_p$  para as fricativas. De Jesus e Shadle (2002).

### 3.9 Sumário

Neste capítulo apresentou-se a constituição do Corpus: 52 palavras dissilábicas, 25 com oclusivas e 27 com fricativas em posição medial. Para o presente estudo apenas foram consideradas as palavras inseridas na actividade de nomeação (primeira actividade) e que continham as fricativas. A necessidade de optar por este procedimento teve origem na quantidade considerável de dados gerados. Seguidamente descreveram-se os informantes que fizeram parte do estudo. De acordo com a sua capacidade auditiva, estes foram divididos em dois grupos: normo-ouvintes e surdos com IC. As crianças foram emparelhadas quer ao nível do desenvolvimento como da faixa etária. Os encarregados de educação foram informados sobre os objectivos do estudo e assinaram um documento formalizando consentimento. Finalmente, explicaram-se os pormenores por detrás do processo de gravação, segmentação e anotação. Os informantes foram gravados numa cabine com redução sonora de 45dB, sendo descrito o tipo e disposição dos vários materiais usados. Os dados acústicos e de EGG foram gravados em ficheiros .WAV que foram segmentados recorrendo ao Adobe Audition 3.0. O Speech Filing System (SFS) foi usado para anotar as vogais e fricativas presentes em cada uma das palavras gravadas. Após a anotação, utilizou-se o Matlab e o SFS para a execução de scripts específicos para retirar informação sobre vogais e fricativas. Os procedimentos adoptados permitiram uma grande variedade de análises relativamente às vogais, fricativas e processos fonológicos.

## Capítulo 4. Resultados

### 4.1. Introdução

Neste capítulo serão apresentados os resultados relativos à actividade de nomeação de imagens, descrita no capítulo anterior. Inicialmente, procede-se à exposição dos resultados decorrentes da análise fonológica. Seguidamente, explanam-se os procedimentos aplicados e os resultados obtidos aquando da análise das vogais. Finalmente, procede-se ao estudo das fricativas e da qualidade vocal.

### 4.2 Inteligibilidade e Processos Fonológicos

No início deste capítulo será feita uma ponte entre os métodos de análise qualitativa da inteligibilidade, previamente apresentados no Capítulo 2, e o modo como foram analisados e interpretados os resultados. Para transcrever e analisar o corpus optou-se por utilizar o método “write down procedure” (Metz et al., 1980; Monsen, 1983; Svirsky et al., 1999; Oster, 2002). Desta forma, os informantes nomearam as imagens dos cartões, formando um corpus de palavras. As diferentes produções foram gravadas, e randomizadas, sendo posteriormente analisadas. Procede-se ao registo escrito daquilo que se pensava que as crianças tinham dito e as suas respostas foram classificadas relativamente ao número de palavras compreendidas correctamente (Tabela 9) e aos processos fonológicos detectados.

	♀				♂			
	Normo-ouvinte		Surdo		Normo-ouvinte		Surdo	
	JB	MS	TG	ML	JT	RV	MP	JC
%palavras correctas	96% (26/27)	100% (27/27)	63% (17/27)	81,5% (22/27)	100% (27/27)	96% (26/27)	67% (18/27)	85% (23/27)

Tabela 9: Percentagens de palavras avaliadas como correctas.

A análise fonológica será descrita posteriormente. Quanto à classificação do número de palavras compreendidas optou-se por um critério de avaliação geral. Ou seja, privilegiou-se a transmissão do significado, i.e., a eficácia comunicativa. Desta forma, a substituição da palavra /"mez6/ por /"mes6/, pelo informante MP, foi considerada correcta uma vez que o ouvinte conseguiu fazer a associação entre a palavra e um referente real.

Analisando a Tabela 9 verifica-se que os normo-ouvintes apresentam percentagens de reprodução correcta superiores aos informantes surdos, para ambos os géneros. Apesar disso, os informantes surdos apresentam percentagens que superam a barreira dos 50%. Contudo, não se podem fazer análises mais profundas sobre a inteligibilidade geral uma vez que: os dados reportam-se unicamente a palavras, o que inviabiliza a construção de conclusões seguras para a fala espontânea; as palavras foram verificadas apenas por um ouvinte, o que pode induzir erro; não foram analisadas estruturas mais complexas; não se variou a dinâmica da tarefa (repetição/espontâneo).

Apesar das “write down procedures” serem difíceis de aplicar, a opção por este método deveu-se, essencialmente, ao facto de permitir uma análise fonética e fonológica precisa. Possibilita deste modo uma análise mais directamente relacionada com um dos aspectos específicos onde o Terapeuta da Fala intervém: a Fonologia.

Existem duas abordagens distintas que possibilitam analisar o sistema fonológico de uma criança: independente e relacional (Chin, 1997; Chin, 2003). A análise independente descreve o sistema fonológico do indivíduo, e a análise relacional compara o sistema do indivíduo com o do adulto. As duas abordagens não são mutuamente exclusivas, e alguns métodos combinam ambas (Daigle e Armand, 2007). Neste trabalho, relativamente à pesquisa fonológica, optou-se por uma metodologia relacional. Inicialmente, os dados são analisados de forma global e, posteriormente, fazem-se comparações a dois níveis: estado auditivo (normo-ouvinte vs surdo) e grupo de pares (alinhados de acordo com o estado de desenvolvimento).

O inventário vocálico e consonântico de uma criança encontra-se relacionado com as pistas acústicas que esta recebe (Peng et al., 2005). De acordo com o que foi exposto, prevê-se que os ganhos auditivos resultantes do IC devam manifestar-se pouco tempo depois da activação do mesmo. McCaffrey et al. (1999) concluíram que as primeiras produções das crianças pré-implantadas consistiam de oclusivas labiais, nasais e vogais centrais. Após a colocação do IC, ocorre uma expansão das produções que inclui várias vogais, aumento de consoantes alveolares, e uma maior variedade de monossílabos (McCaffrey, 1999).

Ertmer (2003) descreve detalhadamente quais as vogais e consoantes que surgem após a activação do IC. O exame pré-implante revela a produção das consoantes /b/ e /m/. No primeiro ano pós implante, o reportório consonântico expandiu-se de forma a incluir

oito sons adicionais. Surgiram os fones /p/, /w/, /g/ e /Z/. A nível vocálico, antes do IC, surgiam vogais centrais e posteriores (/o/, /u/). A seguir à activação do IC, ocorreu um acréscimo de seis vogais e três ditongos. Ao fim do primeiro ano, o informante em estudo produzia uma variedade de combinações entre consoantes e vogais, que possibilitaram a criação de uma grande variedade de sílabas (McCaffrey, 1999).

Verifica-se pois que a produção de fala de indivíduos com perda auditiva é, comumente, caracterizada por erros segmentais, tanto vocálicos como consonânticos, e desvios ao nível supra-segmental incluindo dificuldades no controlo da fonação, F0 e “timing”.

Vários estudos (Viana, 1984; Andrade, 1995; Jesus e Shadle, 2002) fonéticos e fonológicos, relativos à Língua Portuguesa, que relataram características de interesse para o presente trabalho: fenómenos de redução vocálica, construção de grupos consonânticos e substituição de oclusivas por fricativas. Relativamente à produção vocálica, os erros fonológicos típicos incluem fenómenos de substituição, neutralização, prolongamento e nasalização (Nicolaidis e Sfakiannaki, 2007). Nas fricativas, as alterações mais relatadas reportam-se ao desvozeamento, redução da duração e influência do contexto vocálico (Docherty, 1992; Smith, 1997; Jesus e Shadle, 2002; Jesus e Shadle, 2003).

Nesta secção, sobre processos fonológicos, pretende-se proceder à classificação dos vários tipos de erros ocorridos e à quantificação dessas ocorrências. Para se proceder à classificação das alterações nas fricativas utilizou-se a nomenclatura aplicada por vários autores (Bosch 1983; Ingram 1983; Bosch 1987; Dood 1992; Ingram 1992; Bowen 1998; Mediavilla, Torrent e Raventós 2002). De acordo com os autores referidos anteriormente, os processos de simplificação podem detectar-se a 3 níveis: segmental, silábico e na palavra (Bosch, 1983; Ingram, 1983; Bosch, 1987; Ingram, 1992; Dood e So, 1994; Bowen, 1998; Mediavilla, Torrent e Raventós, 2002). Para a realização deste trabalho, exploraram-se as várias classificações existentes ao nível segmental, sendo que as utilizadas são apresentadas na Tabela 10 (os exemplos apresentados correspondem a resultados obtidos com este corpus). Uma vez que se utilizou o alfabeto fonético SAMPA, para proceder às transcrições, este é apresentado na Tabela 11, para facilitar a interpretação dos erros.

FRICATIVAS		
Substituições		
Ponto	Modo	Vibração das pregas vocais
Anteriorização ["lav6] > ["laB6]	Oclusivação ["ROz6] > ["ROd6]	Desvozeamento ["IOZ6] > ["IOS6]
Posteriorização ["IEv6] > ["IER6]	Africação ["mis6] > ["mi~tS6]	Vozeamento ["biS6] > ["biZ6]

Tabela 10: Classificação dos erros de produção das fricativas.

	Bilabial	Lábio-dental	Dental	Alveolar	Pós-alveolar	Retroflexa	Palatal	Velar	Uvular	Faríngea	Glotal
Oclusiva	p b		t d			t' d'	c ʃ	k g	q ɢ		ʔ
Nasal	m	F	n			n'	ɲ	ŋ	ɴ		
Vibrante	B		r						R		
Batimento			ɾ			r'					
Fricativa	pʰ B	f v	T D	s z	S Z	s' z'	C ʝ	x ɣ	X R	X' ʕ	h h'
Fricativa Lateral			K K'								
Aproximante		v	r			r'	j	ɰ			
Aproximante lateral			l			l'	L	L'			

Tabela 11: Alfabeto fonético SAMPA (Wells, 1997) para os fones consonânticos.

A análise articulatória das vogais tem por base a posição e forma dos principais articuladores, tais como a língua, lábios e véu palatino. De acordo com a posição do dorso e raiz da língua temos diferentes classificações quanto à sua altura, recuo e avanço, sempre em referência a uma posição central e média, designada por posição neutra (ver Figura 23).

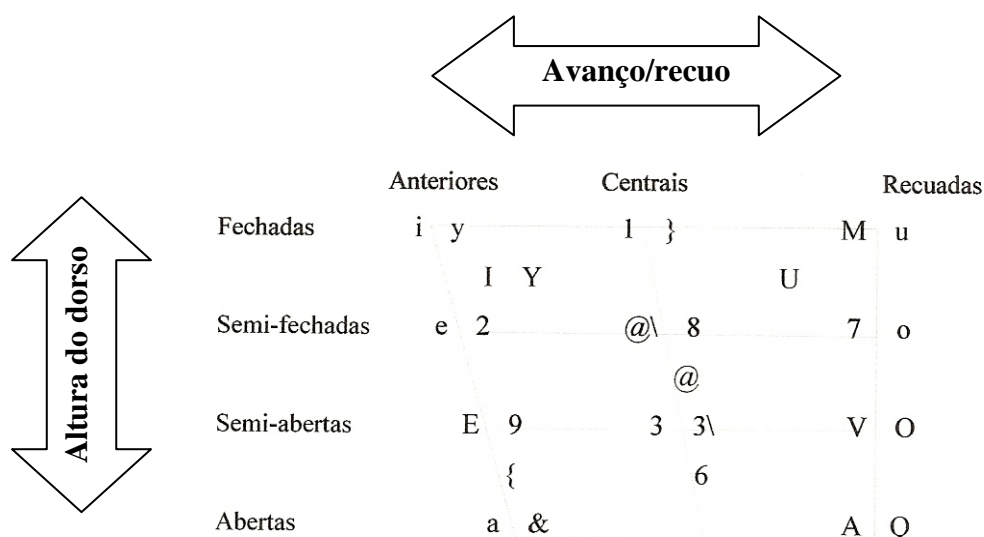


Figura 23: Espaço das vogais de acordo com o alfabeto fonético SAMPA (Wells, 1997).

Quanto à altura do dorso da língua, podem considerar-se as posições: alta (elevação do dorso em relação à posição neutra), média (dorso na posição neutra) e baixa (abaixamento do dorso em relação à posição neutra). Relativamente ao recuo ou avanço da língua, a analogia é similar, sendo que a designação anterior corresponde ao seu avanço, central à posição neutra e posterior ao seu recuo. A produção das vogais posteriores, implica, normalmente, um maior arredondamento dos lábios do que nas vogais anteriores.

Relativamente às vogais tentou-se apresentar uma forma de classificação das alterações verificadas. No caso das fricativas, como existe um ponto e modo de articulação a classificação dos erros torna-se mais fácil. O sistema proposto para analisar as alterações vocálicas pretende assinalar uma orientação/deslocação no espaço das vogais, baseada na correlação entre dois vectores: altura do dorso da língua e o recuo/avanço da mesma (ver Figura 23).

Desta forma, escolheram-se as seguintes categorias para proceder a uma descrição mais rápida e eficaz dos dados (os exemplos foram retirados do corpus):

- Supressão da vogal alvo
  - Omissão: ["Zesu] > ["Zes]
- Troca entre vogais que partilham aproximadamente a altura do dorso da língua
  - Substituição anterior: [K6"fe] > [KE"fe]
  - Substituição central: ["pezu] > ["pez1]
  - Substituição posterior: ["suZ6] > ["suZO]

- Troca entre vogais que partilham o mesmo ou aproximado avanço/recuo
  - Substituição por vogal mais fechada: ["nOv6] > ["nOv1]
  - Substituição por vogal mais aberta: ["Suv6] > ["Sov6]
- Troca da vogal por fone consonântico
  - Substituição por consoante: ["ROz6] > ["ROds]
- Criação de vogal nasal
  - Nasalização: [ka"Zu] > [ka~"Zu]

Relativamente à conexão entre avanço/recuo da língua e altura do dorso da língua, este sistema visa dar uma visão geral da troca ocorrida. Como é possível verificar, por exemplo, na substituição anterior, podemos ter vogais centrais ou recuadas que foram substituídas por uma vogal anterior. Pode-se aplicar o mesmo raciocínio para a substituição posterior. Contudo, na substituição central podemos ter vogais posteriores e anteriores que confluem para um ponto médio.

Quando ocorre uma substituição por uma vogal mais aberta, esta pode ocorrer entre uma vogal fechada por outra semi-fechada ou entre uma vogal fechada e outra aberta. O mesmo raciocínio é aplicado para as substituições por vogais mais abertas.

É importante ressaltar que as classes usadas poderiam ter diversas subcategorias, mas isso tornaria a análise de resultados menos clara. O objectivo principal da classificação é dar uma indicação geral sobre a substituição ocorrida.

#### 4.2.1. Produção Geral

Numa primeira interpretação dos resultados globais (crianças ouvintes e surdas), apresentados nos Figuras 24a, 24b e 24c, é possível verificar que a maioria dos fones analisados foram produzidos correctamente, especialmente as vogais em posição medial. Nessa posição ocorrem dez erros num total de duzentos e dezasseis possíveis. A percentagem de erro sobe, quer na produção das fricativas (34/216 – 15,7%) como na produção das vogais em posição final (40/216 – 18,5%).

Relativamente às alterações fonológicas constata-se que o erro mais comum na produção das vogais, em ambas as posições, é a omissão. Embora esta seja mais significativa em posição final. As substituições, como um todo, são também relevantes na descrição da tipologia de erros ocorridos. Uma vez mais, verifica-se uma maior ocorrência de incorrecções na posição final.



Numa análise dos erros ocorridos na produção das fricativas verifica-se que o erro mais comum é o desvozeamento. Apesar de não serem tão significativos, torna-se relevante salientar a presença de erros de oclusivação (transformação de uma fricativa em oclusiva), anteriorização (substituição da produção de uma fricativa por outra com um ponto articulatorio mais anteriorizado) e posteriorização (substituição da produção de uma fricativa por outra com um ponto articulatorio mais posteriorizado).

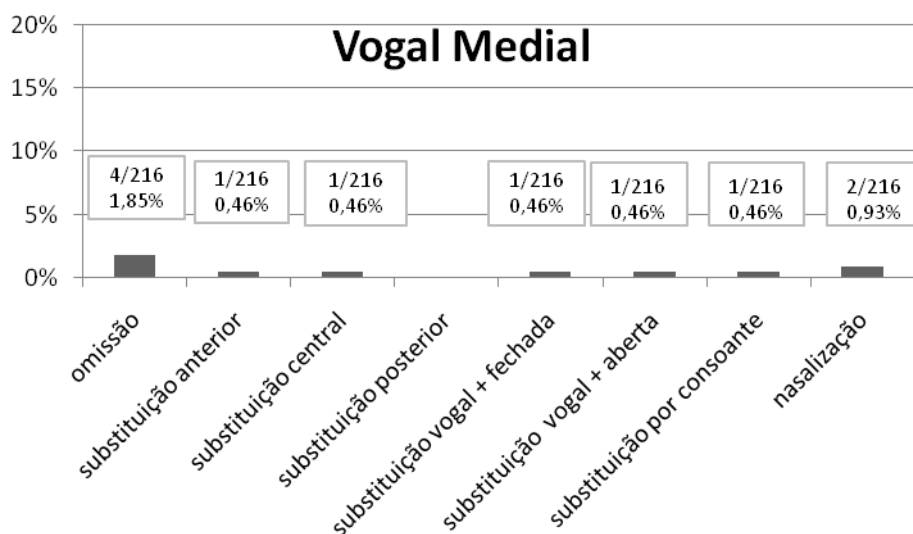


Figura 24a: Percentagens e tipos de erros ocorridos, para todos os informantes, aquando da produção das vogais em posição medial.

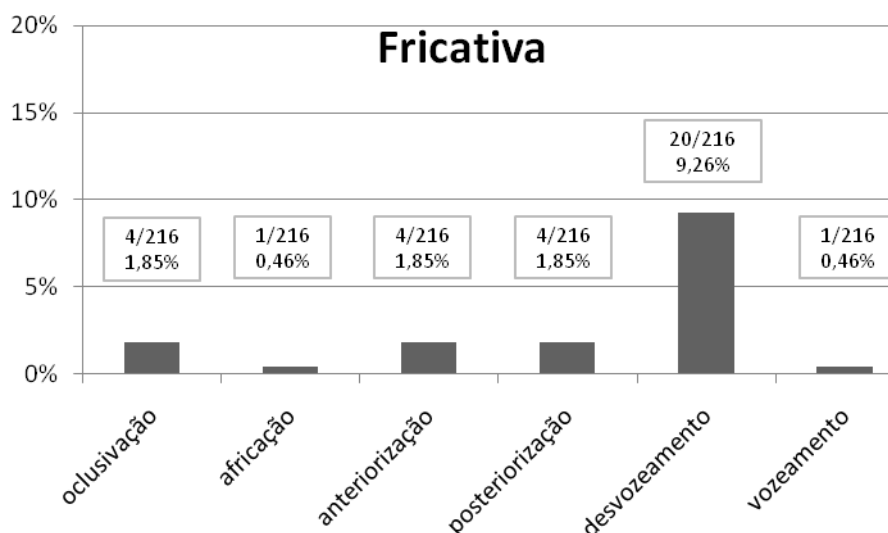


Figura 24b: Percentagens e tipos de erros ocorridos, para todos os informantes, aquando da produção das fricativas.

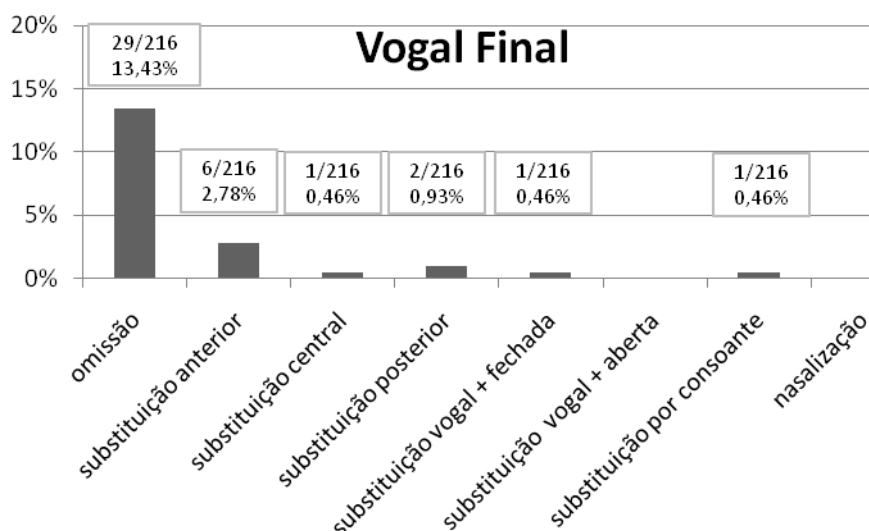


Figura 24c: Percentagens e tipos de erros ocorridos, para todos os informantes, aquando da produção das vogais em posição final.

#### 4.2.2. Produção por Capacidade Auditiva

Ao proceder-se à comparação, para a vogal medial, é possível verificar que os erros de omissão ocorrem unicamente nos indivíduos ouvintes (4/108, 37,0%). Este grupo apresenta uma única ocorrência de substituição. Comparativamente, constata-se uma maior dispersão de erros na produção das vogais em posição medial no grupo de crianças surdas (ver Figura 25). Nenhum dos erros assume uma característica distintiva. Como referido anteriormente, a percentagem de erros vocálicos nesta posição, para ambos os grupos, é diminuta.

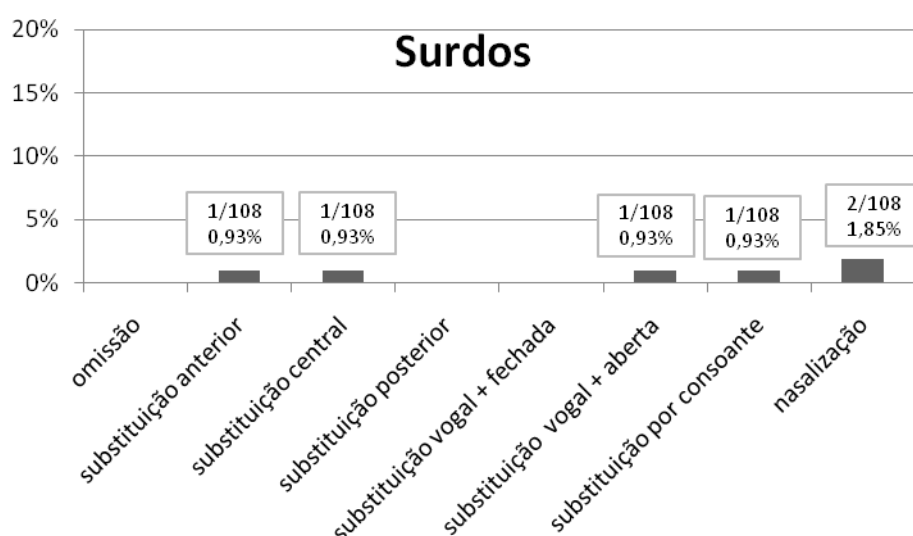


Figura 25: Percentagens e tipos de erros ocorridos, para o grupo dos surdos, aquando da produção das vogais em posição medial.

Comparando os dois grupos, em função dos erros de produção das fricativas, verifica-se uma grande discrepância na disposição dos erros identificados. A maioria dos erros pertence ao grupo das crianças surdas (ver Figura 26). Neste grupo, ocorre desvozeamento, posteriorização, anteriorização e oclusivação. Surge, também, um fenómeno de africacão que ocorreu na produção da palavra “missa”, produzida pelo informante JC. No grupo dos ouvintes, além de se verificar um erro de oclusivação constata-se o vozeamento da fricativa surda /S/ (ocorreu na palavra “bicha”, produzida pelo informante MS).

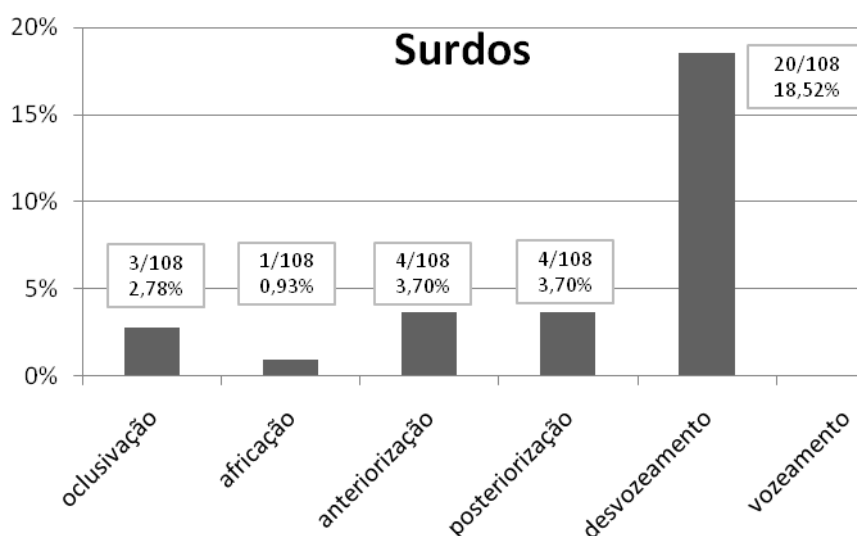


Figura 26: Percentagens e tipos de erros ocorridos, para o grupo dos surdos, aquando da produção das fricativas.

Em relação à vogal final, e para os dois grupos, verifica-se que as omissões são as alterações mais evidentes (ver Figuras 27a e 27b). O que os distingue são os diferentes tipos de substituição que ocorrem. As substituições anteriores têm mais preponderância.

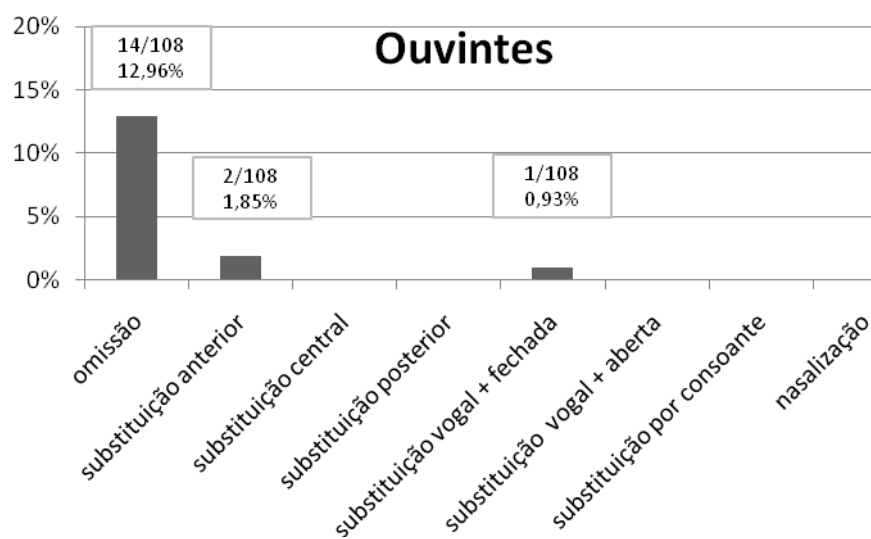


Figura 27a: Percentagens e tipos de erros ocorridos, para o grupo dos ouvintes, aquando da produção das vogais em posição final.

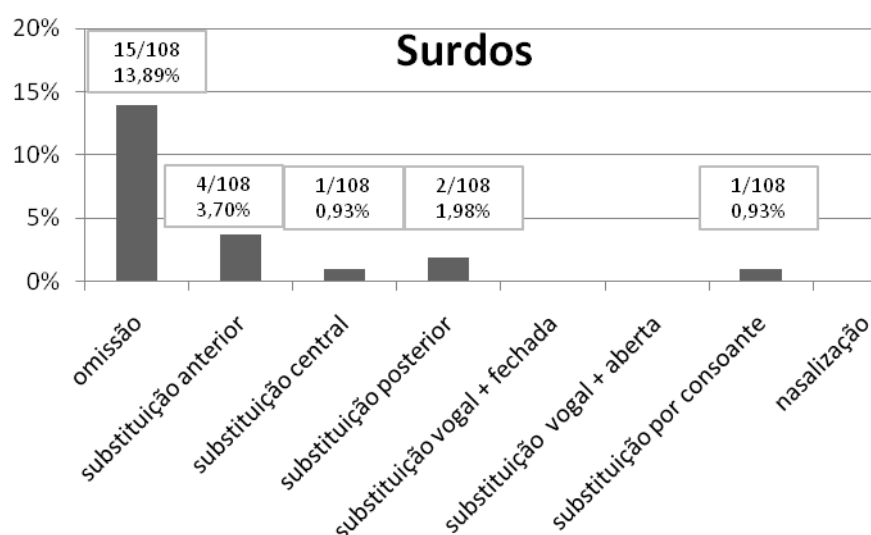


Figura 27b: Percentagens e tipos de erros ocorridos, para o grupo dos surdos, aquando da produção das vogais em posição final.

### 4.2.3. Comparação entre pares de informantes

Este estudo permitiu comparar o nível de produção entre os grupos ouvintes e de surdos, tendo o cuidado de salvaguardar desde logo que não é possível retirar qualquer relevância interpretativa para as populações referidas dada a dimensão da amostra. Para se proceder à comparação entre os vários informantes criaram-se pares emparelhados pela idade e género: JB vs TG, MS vs ML, RV vs MP e JT vs JC.

Para o primeiro par feminino, JB vs TG, são apenas apresentados na Figura 28 os resultados comparativos das fricativas uma vez que não se detectaram diferenças relevantes, entre informantes, para as vogais em posição final e medial. Relativamente às fricativas, verificou-se desde logo que a informante TG apresenta uma maior quantidade de erros. Ambas informantes apresentam um erro de oclusivação (o único erro de JB). Já TG apresenta vários erros de produção, sendo desvozeamento o mais relevante. A informante surda foi incapaz de produzir as fricativas vozeadas presentes no corpus.

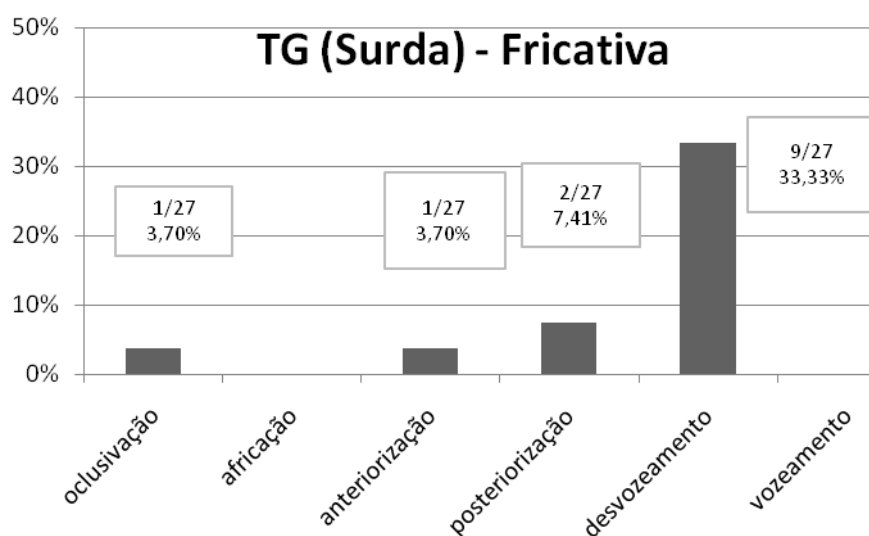


Figura 28: Tipos de erros ocorridos aquando da produção das fricativas, para a informante do género feminino TG (surda).

No outro par feminino, MS vs ML, verifica-se, aquando da produção das fricativas, que a informante surda apresenta alguns erros (ver Figura 29a). Como referido anteriormente, MS apresenta um erro pouco característico: vozeamento de uma fricativa não-vozeada. Já ML apresenta erros proporcionalmente equivalentes de desvozeamento e anteriorização, havendo uma ocorrência de oclusivação.

Os dados relativos aos erros das vogais em posição medial não são apresentados, uma vez que não se detectaram diferenças. Para as vogais em posição final, a tendência para ocorrerem maior número de erros para o informante surdo mantém-se (ver Figura 29b). Contudo, a diferença entre eles não é muito contrastante. Apesar de compartilharem o mesmo erro de omissão, ML releva uma maior diversidade de substituições (MS apresenta apenas uma omissão e uma substituição por vogal mais fechada).

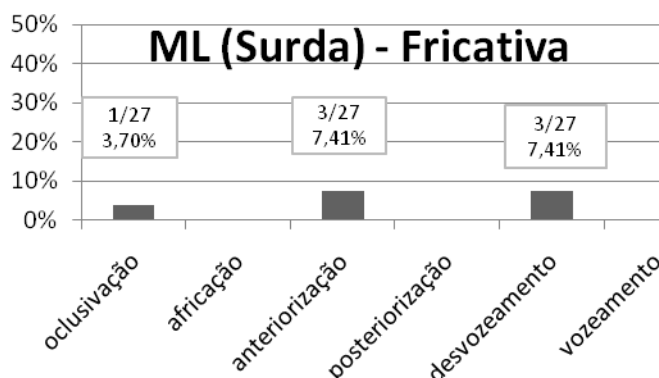


Figura 29a: Tipo de erros ocorridos aquando da produção das fricativas, para a informante do género feminino ML (surda).

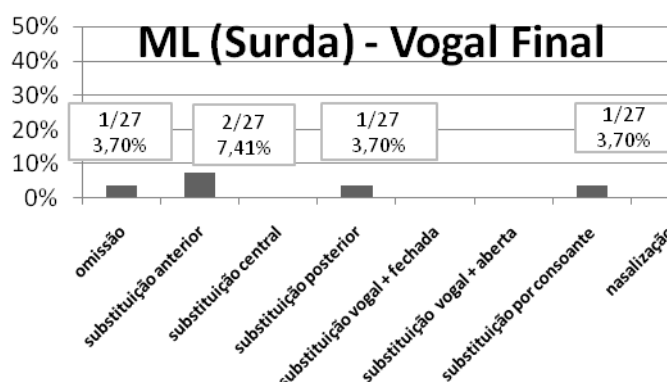


Figura 29b: Tipos de erros ocorridos aquando da produção das vogais em posição final, para a informante do género feminino ML (surda).

Na análise do par masculino, RV vs MP, verifica-se que o informante ouvinte conseguiu produzir todas as fricativas, presentes no corpus, de forma correcta. Para o informante MP, o desvozeamento afigura-se como a alteração mais preponderante (ver Figura 30a). Na vogal em posição medial, verifica-se que ocorre um único erro de produção apresentado pelo informante masculino RV (ouvinte). No outro informante verifica-se a ocorrência de três erros de substituição distintos. Relativamente aos gráficos da vogal final, constata-se que a omissão é o erro mais significativo para ambos os

informantes (ver Figura 30b). No caso de MP, os erros conjuntos de omissão e substituição ultrapassam os 50 %. Aliás, este foi o único caso em que os erros de produção suplantaram a produção normal.

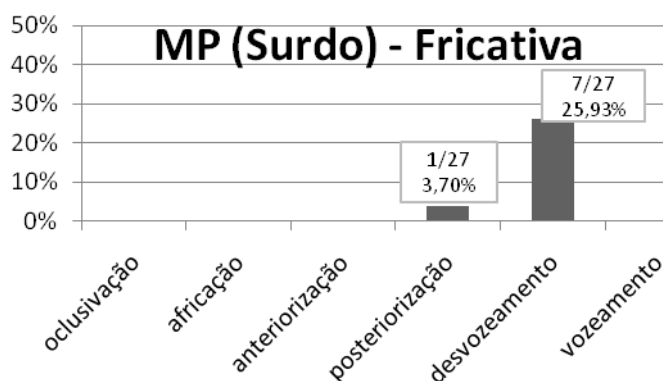


Figura 30a: Análise comparativa das percentagens e tipos de erros ocorridos aquando da produção das fricativas, para o informante masculino MP (surdo).

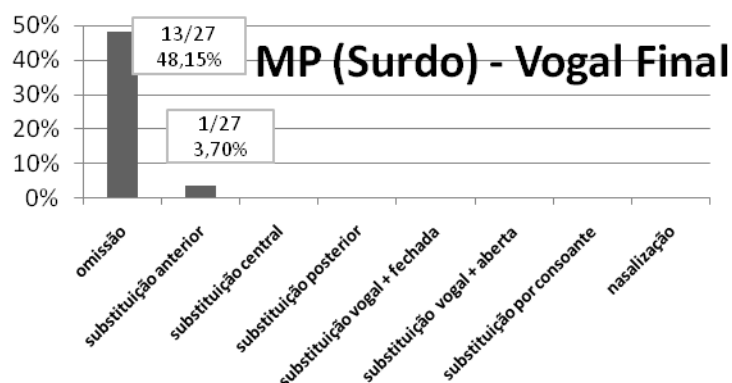
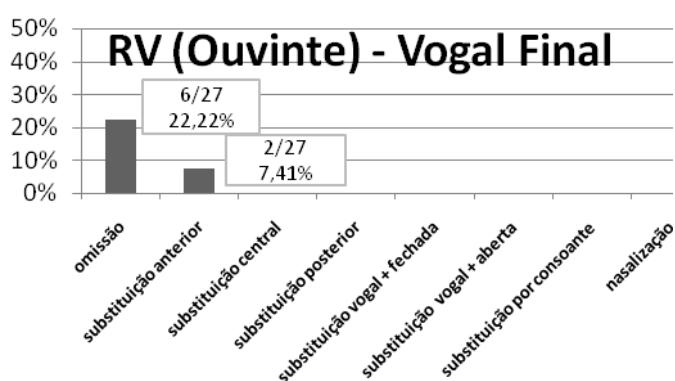


Figura 30b: Análise comparativa das percentagens e tipos de erros ocorridos aquando da produção das vogais em posição final, para os informantes masculinos MP (surdo) e RV (ouvinte).

Na vogal em posição medial, verifica-se que ocorrem dois erros de omissão apresentados pelo informante masculino JT (ouvinte). Por sua vez, JC (surdo) apresenta um erro de substituição de vogal por consoante e os dois únicos erros de nasalização presentes na reprodução do corpus. O informante JT produziu todas as fricativas correctamente. Para JC os erros encontram-se espalhados ao longo das várias classes, sem que haja uma grande diferença entre elas (ver Figura 31a).

Para as vogais em posição final, verifica-se que a tendência para a ocorrência de maior número de alterações no informante surdo é alterada (ver Figura 31b). Os únicos erros de JT reportam-se à omissão. No caso de JC, verificam-se dois tipos de substituição, numa percentagem inferior, comparativamente com o informante ouvinte.

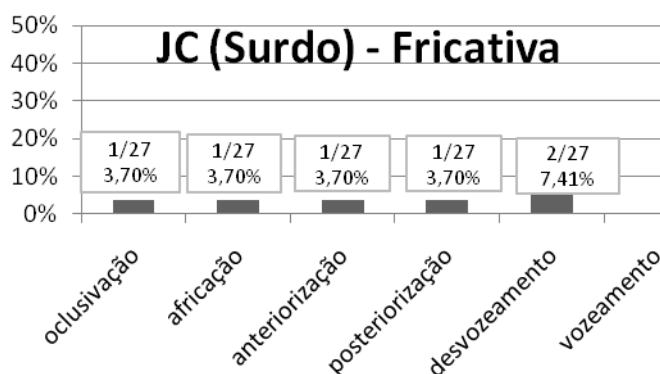


Figura 31a: Análise comparativa das percentagens e tipos de erros ocorridos aquando da produção das fricativas, para o informante masculino JC (surdo).



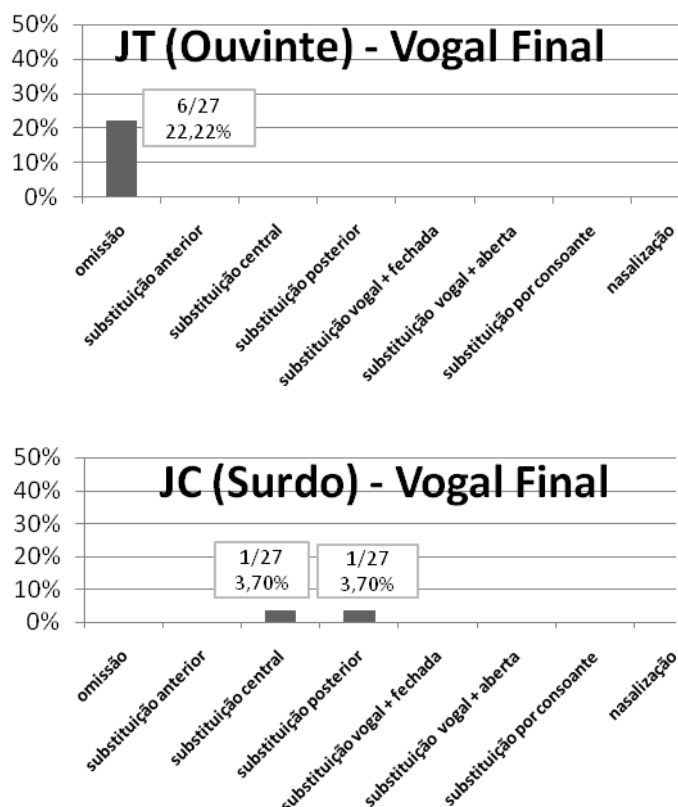


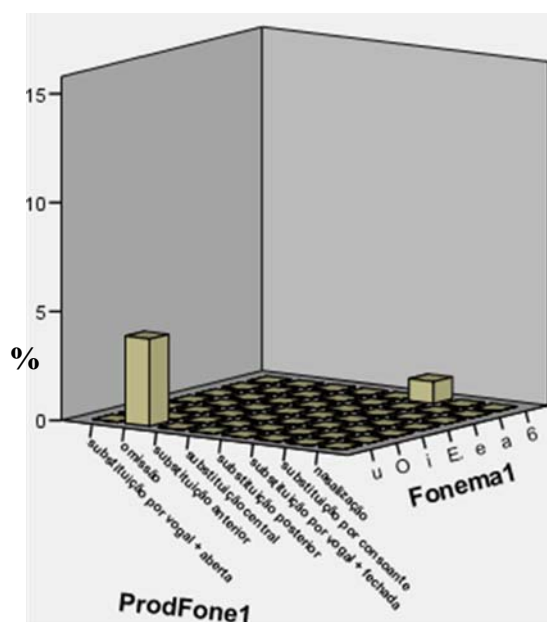
Figura 31b: Análise comparativa das percentagens e tipos de erros ocorridos aquando da produção das vogais em posição final, para os informantes masculinos JC (surdo) e JT (ouvinte).

#### 4.2.4. Análise de Erros de Produção em Função do Fonema e Capacidade Auditiva

Nos ouvintes, para a vogal medial, os fonemas alterados são o /u/ e /6/ (ver Figura 32). Para estes fonemas foram detectados, respectivamente, erros de omissão e substituição por vogal fechada. Contudo, os erros, para ambas as classes, têm uma percentagem pouco relevante. De uma forma geral, verificam-se mais omissões.

Nos informantes surdos as vogais alteradas são /u/, /i/, /a/ e /6/ (ver Figura 32). Os fonemas /u/, /i/ e /6/ apresentam erros em classes únicas, respectivamente: substituição por vogal aberta, nasalização e substituição anterior. No fonema /a/ verificam-se várias alterações: nasalização, substituição por consoante e substituição anterior. A percentagem de erro apresentada para as várias classes é idêntica. Globalmente, denota-se uma maior ocorrência de substituições.

## Ouvintes



## Surdos

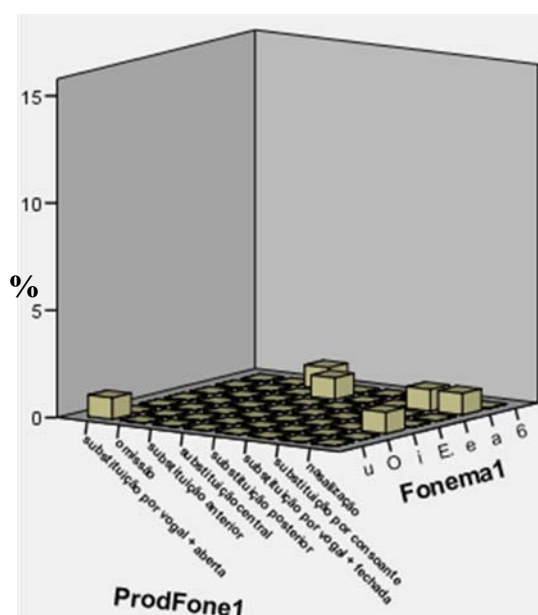


Figura 32: Análise comparativa das percentagens dos tipos de erros ocorridos na produção das vogais em posição medial presentes no corpus.

Nos informantes surdos os erros ocorrem, de forma mais significativa, nas fricativas vozeadas (ver Figura 33). Para os fonemas /Z/ e /z/ predomina o desvozeamento. Embora neste último também surjam fenômenos de posteriorização e oclusivação. No /v/ além do desvozeamento surgem erros de posteriorização, oclusivação e, mais

significativamente, anteriorização. A única fricativa não vozeada afectada foi o /s/, tendo ocorrido fenómenos de africacão e posteriorização.

Para os informantes normo-ouvintes os fonemas alterados são o /v/ e /S/. Relativamente a esses fonemas os erros detectados foram, respectivamente, oclusivação e vozeamento.

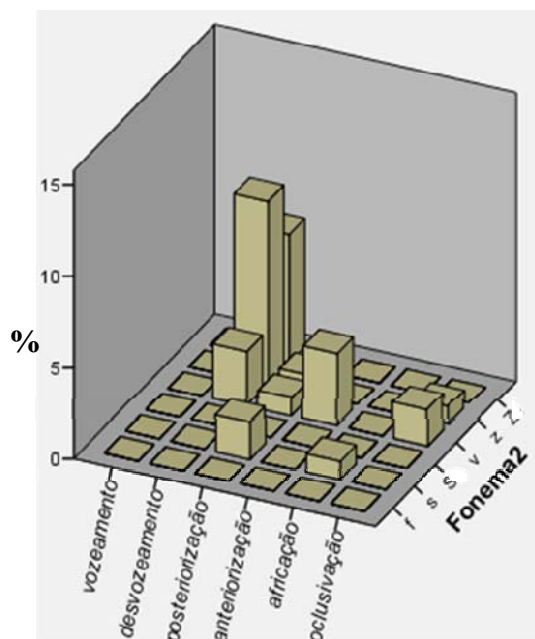
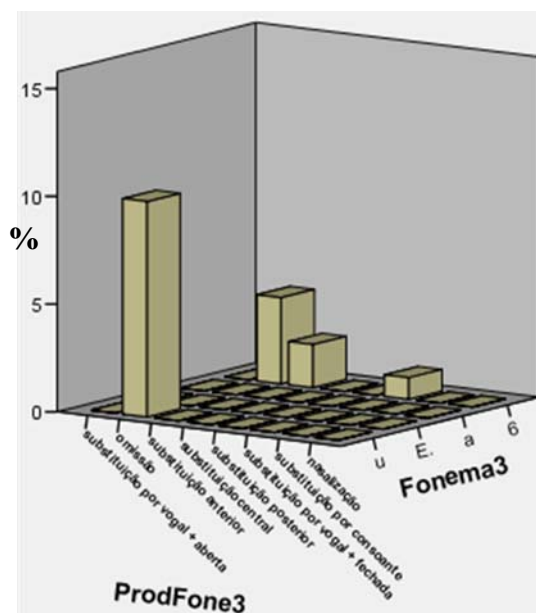


Figura 33: Percentagens dos tipos de erros ocorridos na produção das fricativas presentes no corpus.

Das quatro vogais presentes no corpus, em posição final de palavra, só duas delas apresentam erros: /u/ e /6/ (ver Figura 34). Essa tendência verifica-se para ambos os grupos. Para os informantes normo-ouvintes verifica-se que a omissão é a alteração mais frequente, para as vogais /u/ e /6/. Enquanto para o fonema /u/ a omissão é a única ocorrência, no fonema /6/ surgem erros complementares de substituição anterior e substituição por vogal fechada (ver Figura 34). No caso dos informantes surdos, volta a notar-se que a omissão é preponderante. Para o fonema /u/ além da omissão, surgem substituições centrais. No fonema /6/, a percentagem de omissões é mais significativa, contudo ocorrem erros suplementares: substituição por consoante, substituição posterior e substituição anterior. Os erros de omissão assumem um cariz mais significativo devido à associação de dois factores: posição final e tipo de vogal.

## Ouvintes



## Surdos

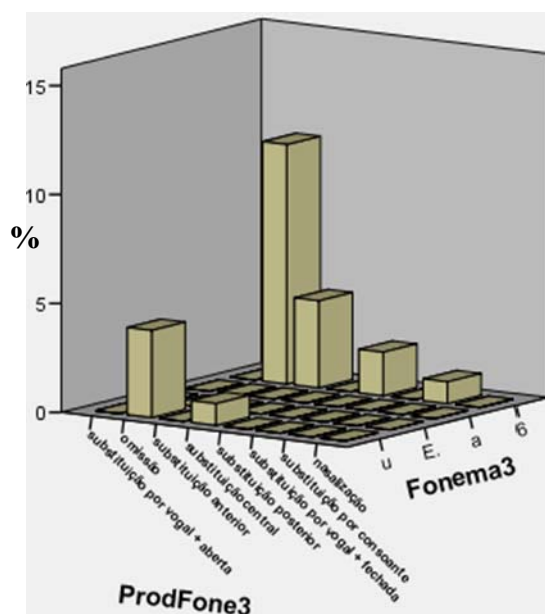


Figura 34: Análise comparativa, entre os grupos normo-ouvintes e dos implantes cocleares, das percentagens e tipos de erros ocorridos na produção das vogais em posição final presentes no corpus.

### 4.3. Análise Acústica das Vogais

O ar vindo dos pulmões e da laringe tem de atravessar as cavidades supraglóticas, com uma configuração própria, que assumem funções de filtro actuando como cavidades de ressonância. As variações de configuração dessas cavidades podem originar diferentes tipos de articulação, com consequência na especificação acústica do som produzido (Kent e Read, 2002). As diferentes formas e tamanhos das cavidades determinadas pela articulação definem ressoadores com características específicas.

As zonas de frequência intensificadas pelas cavidades de ressonância designam-se por formantes. As formantes são específicas para cada vogal e definem a sua qualidade. As vogais e semivogais definem-se pela fonte laríngea, por um tracto vocálico sem obstruções ou constrições à livre passagem de ar. Relativamente a determinados aspectos, as vogais são os sons mais simples de analisar e descrever acusticamente (Kent e Read, 2002). Às vogais associam-se dois factores muito importantes: uma configuração articulatória estável e padrões acústicos bem definidos e constantes.

As vogais podem ser percebidas e classificadas com base apenas nas duas formantes com frequências mais baixas, F1 e F2 (Titze, 2000). De acordo com Kent e Read (2002, p. 105), as vogais são frequentemente caracterizadas por um conjunto muito simples de descritores. Qualquer vogal pode ser representada como um ponto único num espaço tridimensional definido por F1, F2 e F3 (Kent e Read, 2002). Contudo, Kent e Read (2002) reconhecem que a tabela com os valores de F1 e F2 é o método de apresentação mais utilizado.

#### 4.3.1 Análise Global

A Tabela 12 sumariza as diferentes informações estatísticas retiradas no estudo das vogais. Esses dados reportam-se aos dados de duração (ms), F0 (Hz), frequência das formantes (Hz), jitter (%) e shimmer (%). A Tabela 12 é dividida de acordo com a capacidade auditiva.

Fazendo uma análise geral da Tabela 12 é possível verificar que não foi produzida a vogal /o/, em nenhum dos contextos. Como referido no Capítulo 3, este facto deveu-se à construção do corpus. No contexto vocálico medial constata-se a produção de todas as vogais presentes no corpus. Em posição final, ocorreu a produção de quatro vogais: /E/, /6/, /a/ e /u/. A existência desta desproporção teve influência na condução da análise estatística,

para as formantes e duração, uma vez que foi necessário escolher as vogais produzidas em ambos os contextos. Apesar desse facto, e tendo em mente o espaço das vogais (ver Figura 23), há uma representação eclética ao nível do avanço/recuo da língua. Ou seja, há vogais anteriores, centrais e recuadas. Quanto à altura do dorso, a representatividade não é total mas, mesmo assim, é variada.

Apesar de terem sido colocadas as informações relativas à F0, jitter e shimmer estes indicadores não serão estudados estatisticamente. O estudo destes parâmetros irá ser realizado de forma distinta (ver secção 4.5 Qualidade Vocal) ao que a seguir se descreve. A análise estatística relativa à duração, F1 e F2 começa com uma análise de variância de medidas repetidas (efectuado com o SPSS 15), com o contexto vocálico e a capacidade auditiva como os factores “between-subjects” e a vogal como factor “within-subjects”. Houve situações em que a hipótese de esfericidade (Teste de Mauchly’s) não pôde ser assumida. Desta forma escolheu-se o  $\epsilon$  mais perto de 1 (Howell, 2007, pp. 316-318). Contudo, as ANOVAs são robustas a pequenas violações dos pressupostos, logo se o  $\epsilon$  escolhido tiver um valor entre 0.75 e 1 considera-se que o critério da esfericidade foi assumido (Howell, 2007, pp. 480-485). Nas variáveis duração e F1 foi necessário escolher o  $\epsilon$  mais próximo de 1. Mas como os valores se encontravam no intervalo referido anteriormente foi assumida a esfericidade. Para F2, assumiu-se desde logo a existência de esfericidade, de acordo com o Teste de Mauchly’s. As tabelas relativas às diferentes ANOVAs são apresentadas ao longo das secções 4.2.3, 4.2.4 e 4.2.5.

Vogais		Grupo: Surdos						Grupo: Ouvintes					
		Média	Desvio Padrão	Mediana	P25	P75	N	Média	Desvio Padrão	Mediana	P25	P75	N
[i]	Duração (ms)	120	40	110	80	140	23	110	40	110	80	130	24
	F0 (Hz)	272	25,7	272	249	287	23	248	53,3	248	226	297	24
	F1(Hz)	351	101,2	312	285	374	23	382	191,8	311	273	388	24
	F2 (Hz)	2124	479	1976	2842	2191	23	2249	385,1	2179	2002	2442	24
	Jitter (%)	3,03	3,50	1,96	0,63	3,41	23	5,07	7,30	1,75	0,33	7,77	24
	Shimmer (%)	5,73	7,04	2,77	0,98	8,76	23	4,10	5,18	2,56	0,80	4,89	24
[e]	Duração (ms)	180	50	180	130	240	12	150	60	150	100	180	12
	F0 (Hz)	254	46,9	269	213	287	12	251	35,5	250	215	287	12
	F1 (Hz)	493	111	541	362	576	12	471	122,5	467	353	586	12
	F2 (Hz)	2129	392,4	2077	1913	2428	12	2184	180,1	2183	2024	2325	12
	Jitter (%)	1,48	3,43	0,54	0,06	0,99	12	1,46	1,19	1,21	0,52	1,91	12
	Shimmer (%)	5,90	8,04	1,65	0,14	13,41	12	4,84	7,06	2,90	1,14	4,76	12
[E]	Duração (ms)	190	50	180	150	250	9	130	30	120	110	140	8
	F0 (Hz)	248	30,1	247	221	274	9	249	39,1	237	218	283	8
	F1 (Hz)	562	206,7	475	412	743	9	692	162,3	677	578	805	8
	F2 (Hz)	1980	224,2	2007	1884	2174	9	2236	324,1	2345	2110	2449	8
	Jitter (%)	1,43	3,67	0,00	0,00	0,85	9	2,51	5,87	0,00	0,00	2,50	8
	Shimmer (%)	4,99	13,35	0,00	0,00	2,21	9	0,72	1,97	0,00	0,00	0,13	8
[6]	Duração (ms)	60	20	50	50	80	4	60	20	70	30	70	3
	F0 (Hz)	263	74,5	286	186	317	4	298	92,9	319	196	378	3
	F1 (Hz)	612	150	568	503	765	4	391	114,9	445	259	469	3
	F2 (Hz)	1707	147,5	1725	1563	1833	4	1572	243,8	1587	1321	1808	3
	Jitter (%)	0,03	0,54	0,13	0,00	0,91	4	1,25	2,05	0,15	0,00	3,62	3
	Shimmer (%)	1,38	2,02	0,62	0,00	3,53	4	12,1	10,5	17,36	0,00	18,9	3

Tabela 12a: Descrição estatística das vogais em *posição inicial*. Para cada parâmetro há valores da média, desvio padrão, mediana, percentis 25 (P25) e 75 (P75) e número de dados (N).

Vogais		Grupo: Surdos						Grupo: Ouvintes					
		Média	Desvio Padrão	Mediana	P25	P75	N	Média	Desvio Padrão	Mediana	P25	P75	N
[a]	Duração (ms)	150	40	140	120	180	17	110	20	110	100	140	20
	F0 (Hz)	274	69,2	269	225	307	17	240	57,1	234	208	276	20
	F1(Hz)	661	352	588	342	925	17	603	262,2	474	389	857	20
	F2 (Hz)	1650	282,7	1612	1407	1802	17	1554	210,8	1564	1407	1655	20
	Jitter (%)	3,31	13,02	0,00	0,00	0,00	17	19,0	61,73	0,83	0,00	4,76	20
	Shimmer (%)	0,34	0,82	0,00	0,00	0,00	17	7,34	12,84	0,45	0,00	11,53	20
[O]	Duração (ms)	180	60	180	130	210	16	120	40	110	100	140	16
	F0 (Hz)	254	30,3	262	227	281	16	243	29,1	240	217	275	16
	F1 (Hz)	543	153,6	527	462	606	16	524	188,4	493	353	667	16
	F2 (Hz)	1473	179,5	1497	1341	1497	16	1412	182,1	1378	1291	1460	16
	Jitter (%)	2,32	2,20	1,69	0,75	3,44	16	22,35	56,70	1,54	0,15	5,72	16
	Shimmer (%)	7,01	9,14	2,65	0,52	10,75	16	7,53	14,50	1,78	0,05	6,29	16
[u]	Duração (ms)	150	50	140	120	160	23	110	50	110	90	150	20
	F0 (Hz)	286	40,7	280	265	324	23	279	42,7	281	247	307	20
	F1 (Hz)	452	127,6	465	367	513	23	450	146,7	418	356	498	20
	F2 (Hz)	1394	362,4	1393	1093	1644	23	1514	233,2	1500	1336	1570	20
	Jitter (%)	3,46	5,33	2,12	0,60	3,36	23	4,19	3,48	3,55	2,24	6,50	20
	Shimmer (%)	4,32	4,63	2,54	0,72	6,98	23	7,76	8,91	3,64	1,41	11,59	20

Tabela 12b: Descrição estatística das vogais em *posição inicial*. Para cada parâmetro há valores da média, desvio padrão, mediana, percentis 25 (P25) e 75 (P75) e número de dados (N).



Vogais		Grupo: Surdos						Grupo: Ouvintes					
		Média	Desvio Padrão	Mediana	P25	P75	N	Média	Desvio Padrão	Mediana	P25	P75	N
[E]	Duração (ms)	230	110	200	140	350	4	120	50	110	80	170	4
	F0 (Hz)	265	47,3	279	216	300	4	244	43,6	226	216	290	4
	F1 (Hz)	630	176,1	646	453	790	4	736	116,2	699	650	858	4
	F2 (Hz)	2067	289,3	2045	1809	2348	4	2136	324,9	2172	1818	2417	4
	Jitter (%)	0,40	0,52	0,25	0,00	0,95	4	4,41	7,06	1,43	0,00	11,82	4
	Shimmer (%)	2,32	4,40	0,19	0,00	6,78	4	7,57	14,41	0,56	0,00	22,16	4
[6]	Duração (ms)	80	40	80	50	110	59	70	40	60	50	80	69
	F0 (Hz)	226	84,9	245	204	269	59	229	55,7	228	208	261	69
	F1 (Hz)	486	156,3	492	392	567	59	422	145	406	307	510	69
	F2 (Hz)	1733	224,8	1750	1516	1930	59	1563	214,5	1528	1392	1702	69
	Jitter (%)	4,09	24,23	0,00	0,00	1,12	59	8,21	32,61	1,66	0,08	5,98	69
	Shimmer (%)	3,25	5,60	0,00	0,00	5,02	59	5,74	7,35	3,55	0,31	7,70	69
[a]	Duração (ms)	250	160	190	130	420	6	160	70	160	110	220	5
	F0 (Hz)	256	45,7	273	207	287	6	263	84,3	233	218	324	5
	F1 (Hz)	590	182,6	592	424	762	6	691	205,3	736	517	842	5
	F2 (Hz)	1615	208,2	1628	1401	1802	6	1493	142	1466	1393	1606	5
	Jitter (%)	4,72	9,34	0,00	0,00	9,56	6	1,61	2,71	0,28	0,00	3,89	5
	Shimmer (%)	1,36	2,33	0,00	0,00	3,27	6	6,66	8,59	3,82	0,00	14,73	5
[u]	Duração (ms)	70	20	80	50	90	20	70	30	70	50	80	14
	F0 (Hz)	213	86,4	238	215	238	20	295	106,4	256	218	338	14
	F1 (Hz)	375	71,2	370	311	434	20	454	213,8	374	327	589	14
	F2 (Hz)	1629	328,9	1571	1413	1908	20	1526	269,1	1468	1349	1701	14
	Jitter (%)	2,82	3,73	0,85	0,16	5,10	20	4,02	3,62	3,19	1,10	6,29	14
	Shimmer (%)	9,37	12,17	6,58	2,41	9,28	20	4,68	4,91	3,64	1,88	4,68	14

Tabela 12c: Descrição estatística das vogais em *posição final* presentes no corpus. Para cada parâmetro há valores da média, desvio padrão, mediana, percentis 25 (P25) e 75 (P75) e número de dados (N).

### 4.3.2 Análise das Durações

Uma análise acústica detalhada das vogais revela que estas não só se distinguem pelos valores da frequência das formantes, nas suas porções estáveis, mas, também, em vários outros aspectos. As vogais podem divergir entre si de várias formas (Titze, 2000; Kent e Read, 2002):

- As vogais têm diferenças inerentes na duração. As vogais tensas apresentam durações maiores comparativamente com as relaxadas. As vogais produzidas com alguma abertura da mandíbula (vogais abertas) são mais longas do que as vogais produzidas com redução da abertura mandibular (vogais fechadas).
- Quando as vogais são produzidas em contexto com outros sons, as trajectórias dos formantes variam. Por exemplo, as vogais tensas tendem a ter pequenas transições vogal – consoante e maiores períodos de estabilidade. No caso das vogais produzidas de forma menos tensa, a relação descrita anteriormente é inversa.

Além destes factores, há outros que também influenciam a duração vocálica: altura da vogal, ênfase silábico, ritmo de fala, o vozeamento da consoante antecedente ou sequente e vários factores sintácticos ou semânticos como posição na palavra e familiaridade da mesma (Kent e Read, 2002).

Não existem estudos sobre o sistema vocálico português que sugiram que a duração das vogais seja uma característica fonológica distintiva (Escudero et al., 2008). Contudo, isto não invalida que diferentes vogais possam ter durações distintas. Apesar da duração não ser por si só um indicador suficiente que auxilie na identificação de uma vogal, vai assistir o ouvinte a distinguir vogais que são espectralmente semelhantes.

Para o estudo efectuado, a análise exploratória da variância, apresentada na Tabela 13, revela que a duração é influenciada pelo tipo de vogal ( $p=0,000 < 0,05$ ) e pela capacidade auditiva do falante ( $p=0,019 < 0,05$ ). Não se detecta que haja influência do factor contexto. Também é possível verificar que há uma relação entre a vogal e o contexto de produção ( $p=0,000 < 0,05$ ), e entre a capacidade auditiva e vogal ( $p=0,038 < 0,05$ ). A análise não identifica a existência de interacção entre o contexto e a capacidade auditiva ( $p=0,627 > 0,05$ ). O mesmo se verifica para a interacção tripla contexto vs capacidade auditiva vs vogal ( $p=0,524 > 0,05$ ).

		Duração (ms)	Vogais (***)							
		Capacidade Auditiva (**)	[E]		[a]		[6]		[u]	
			Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Contexto (*)	Medial	Surdo	196	30	151	19,1	65	17,6	147	10,4
		Ouvinte	129	13,3	114	7,9	56	19,8	115	24,7
		Total	163	42	132	23,9	60	18	131	24,4
	Final	Surdo	230	114,3	256	117	87	21,8	74	17,3
		Ouvinte	120	47,7	174	63,2	68	20,8	73	13,5
		Total	175	100	215	97,3	78	22,2	73	14,4
Total		Surdo	213	79,4	203	95,7	76	21,9	110	41,2
		Ouvinte	124	32,8	144	52,7	62	20	94	28,9

\* Factor Contexto ( $p=0,417$ ); \*\* Factor Capacidade Auditiva ( $p=0,019$ ); \*\*\* Factor Vogal ( $p=0,000$ )

Interacção (dupla): Contexto vs Capacidade Auditiva ( $p=0,627$ ); Contexto vs Vogal ( $p=0,000$ ); Capacidade Auditiva vs Vogal ( $p=0,038$ )

Interacção (tripla): contexto vs capacidade auditiva vs vogal ( $p=0,524$ )

Tabela 13: Resultados de uma ANOVA mista de três factores, para o parâmetro duração ( $n=4$ ): dois factores “between-subjects” (contexto de produção e capacidade auditiva) e um factor “within-subject” (vogais). Em rodapé apresentam-se os valores de p-value para cada um dos factores em estudo, bem como as várias interacções entre eles.

Os efeitos principais podem ser descritos da seguinte forma. Em primeiro lugar, o grupo dos surdos apresenta valores médios de duração vocálica superiores comparativamente com o grupo dos normo-ouvintes. Em segundo lugar, as diferentes vogais apresentam valores médios de duração distintos entre si. Contudo, não foi possível verificar a existência da distinção anterior-posterior, descrita no estudo de Escudero et al. (2008), uma vez que não foi possível formar os pares /i/ - /u/, /e/ - /o/ e /E/ - /O/. Finalmente, as vogais apresentaram valores médios de duração distintos nos dois contextos de produção. As vogais /E/, /a/ e /6/ apresentam durações superiores na posição final; na vogal /u/ a relação é inversa.

### 4.3.3. Análise das Formantes

#### 4.3.3.1. Análise Estatística

A análise exploratória de variância, apresentada na Tabela 14, revela, tal como o esperado, um efeito significativo da vogal em F1 ( $p=0,000<0,05$ ): diferentes vogais tendem a apresentar valores de F1 distintos. Um aspecto determinante para o valor de F1 é a altura do dorso da língua (Escudero et al., 2008). As vogais baixas, como /E/ e /a/, apresentam valores mais altos do que a vogal alta /u/.

Seguidamente pode-se verificar que o valor de F1 não é influenciado pelo contexto ( $p=0,999 > 0,05$ ) e pela capacidade auditiva ( $p=0,735$ ). As interações duplas e a tripla não são significativas. Contudo, verificou-se que existe uma interação baixa entre a capacidade auditiva e a vogal ( $p=0,045 < 0,05$ ). Ou seja, o grupo dos ouvintes apresenta valores médios de F1 superiores para as vogais /E/, /a/ e /u/; no outro grupo, os valores de F1, para /6/, são superiores.

		F1 (Hz)	Vogais (***)							
		Capacidade Auditiva (**)	[E]		[a]		[6]		[u]	
			Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Contexto (*)	Medial	Surdo	580	204,2	644	117,7	584	86,4	452	59,4
		Ouvinte	692	159,5	603	132,9	391	93,9	436	101,2
		Total	634	179,9	623	118,2	488	132,9	444	77,2
	Final	Surdo	630	176,1	583	105,3	488	43,8	382	50,6
		Ouvinte	736	116,2	709	77,5	415	87,5	438	139,8
		Total	683	149,3	646	108,9	452	75,1	410	101,9
Total		Surdo	605	178,5	614	108,3	536	81,6	417	63,1
		Ouvinte	714	131,3	656	115,6	403	85,1	437	113,1

\* Factor Contexto ( $p=0,999$ ); /\*\* Factor Capacidade Auditiva ( $p=0,735$ ); \*\*\* Factor Vogal ( $p=0,000$ )

Interação (dupla): Contexto vs Capacidade Auditiva ( $p=0,146$ ); Contexto vs Vogal ( $p=0,698$ ); Capacidade Auditiva vs Vogal ( $p=0,045$ )

Interação (tripla): contexto vs capacidade auditiva vs vogal ( $p=0,767$ )

Tabela 14: Resultados de uma ANOVA mista de três factores, para o parâmetro F1 ( $n=4$ ): dois factores “between-subjects” (contexto de produção e capacidade auditiva) e um factor “within-subject” (vogais). Em rodapé apresentam-se os valores de p-value para cada um dos factores em estudo, bem como as várias interações entre eles.

Analisando a Tabela 15, identifica-se a existência de um efeito significativo da vogal no parâmetro F2 ( $p=0,000 < 0,05$ ): nem todas as vogais apresentam o mesmo F2. Relativamente ao factor contexto e capacidade auditiva não se detectam efeitos relevantes. O mesmo acontece para as interacções, duplas e tripla, efectuadas na ANOVA.

		F2 (Hz)	Vogais (***)							
		Capacidade Auditiva (**)	[E]		[a]		[6]		[u]	
			Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Contexto (*)	Medial	Surdo	1992	72,9	1627	176,7	1701	120,1	1394	239,9
		Ouvinte	2236	225,2	1554	124,4	1572	199,1	1492	154,9
		Total	2113	202,7	1590	146,8	1636	167,1	1443	194,2
	Final	Surdo	2067	289,3	1587	149,6	1740	87,3	1605	116,6
		Ouvinte	2136	324,9	1498	163,4	1556	125,1	1485	227,7
		Total	2101	287,1	1543	152,7	1648	140,1	1545	179,4
Total		Surdo	2029	199,5	1607	153,1	1720	99,4	1500	207,9
		Ouvinte	2186	264,3	1526	137,8	1564	154,2	1488	180,4

\* Factor Contexto ( $p=0,049$ ); \*\* Factor Capacidade Auditiva ( $p=0,149$ ); \*\*\* Factor Vogal ( $p=0,000$ )

Interacção (dupla): Contexto vs Capacidade Auditiva ( $p=0,949$ ); Contexto vs Vogal ( $p=0,629$ ); Capacidade Auditiva vs Vogal ( $p=0,072$ )

Interacção (triplo): contexto vs capacidade auditiva vs vogal ( $p=0,806$ )

Tabela 15: Resultados de uma ANOVA mista de três factores, para o parâmetro F2 ( $n=4$ ): dois factores “between-subjects” (contexto de produção e capacidade auditiva) e um factor “within-subject” (vogais). Em rodapé apresentam-se os valores de p-value para cada um dos factores em estudo, bem como as várias interacções entre eles.

#### 4.3.3.2. Relação Entre F1 e F2

Na prática clínica em Terapia da Fala, os profissionais estão habituados a avaliar a fala unicamente com dados de articulação. Contudo, essa análise revela-se insuficiente, nomeadamente para as vogais, dado que a posição da língua e dos lábios é muito variável entre indivíduos, não havendo “fronteiras” claras que distingam as várias vogais, como acontece com as consoantes (Ladefoged, 2006). Estes fonemas dependem fortemente de

vários factores, tais como o contexto de produção e as características socioculturais de cada indivíduo.

Relacionando a análise articulatória com a acústica, o parâmetro articulatório “altura”, influenciado pela elevação da língua, afecta directamente F1 e o parâmetro articulatório “anterior-posterior”, influenciado pela localização da língua e arredondamento dos lábios, afecta directamente F2 (Ladefoged, 2006). Titze (2000, p. 162), descreve a influência do tracto vocal na modificação das formantes, da seguinte forma: quando o comprimento do tracto vocal aumenta, toda as frequências das formantes decrescem; quando existe uma constrição na cavidade oral, F1 decresce e F2 aumenta; quando existe uma constrição na faringe, F1 aumenta e F2 decresce. A relação descrita anteriormente foi relatada em várias línguas, nomeadamente para as vogais do Português Europeu (ver Tabelas 16, 17 e Figuras 35, 36 onde se espelha a relação entre F1 e F2). É fundamental referir que os dados presentes na Tabela 16 e 17 são relativos a adultos, sendo que que neste estudo os dados obtidos referem-se a crianças.

Vogal	F1 (Hz)	F2 (Hz)
[i]	294	2344
[e]	403	2084
[E]	501	1893
[6]	511	1602
[a]	626	1326
[O]	531	994
[o]	426	864
[u]	315	678

Tabela 16: A média dos valores da frequência de F1 e F2 de cada vogal de acordo com os resultados do estudo de Martins (1973).

Vogal	F1 (Hz)		F2 (Hz)	
	M	F	M	F
[i]	284	313	2161	2760
[e]	355	402	1987	2508
[E]	455	511	1836	2360
[a]	661	781	1365	1662
[O]	491	592	934	1118
[o]	363	422	843	921
[u]	303	335	814	862

Tabela 17: A média dos valores da frequência de F1 e F2 de cada vogal, para ambos os géneros, de acordo com os resultados do estudo de Escudero et al. (2008).

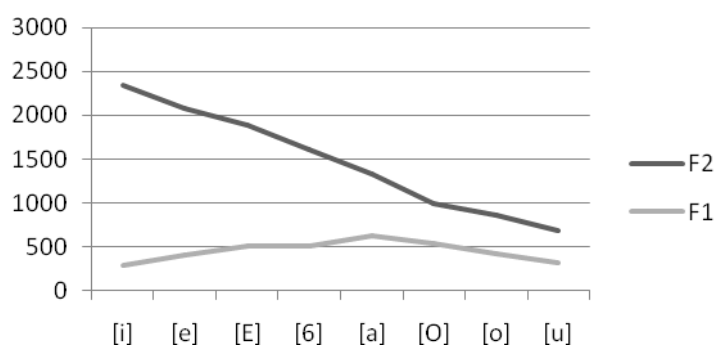


Figura 35: Relação entre F1 e F2. De Martins (1973).

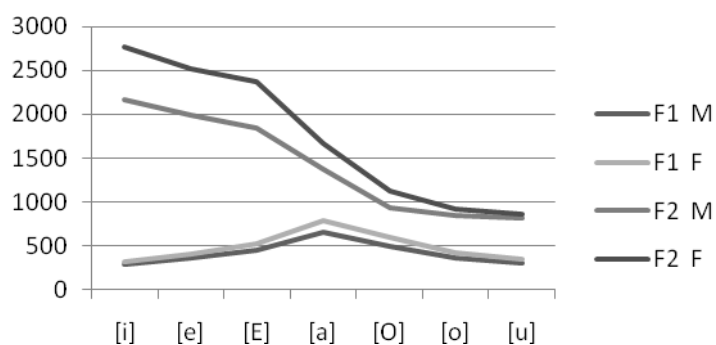


Figura 36: Relação entre F1 e F2. De Escudero et al. (2008).

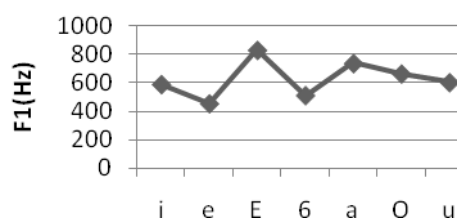
As Figuras 37a e 37b, reportam-se aos valores médios de F1 e F2 para todas as vogais em estudo. Recorrendo às figuras pretende-se fazer as seguintes reflexões: análise geral sobre as relações de F1 e F2; comparação dessas relações com os dados existentes para o Português Europeu; e comparação entre os vários pares de informantes, delineados no início deste trabalho (JB vs TG; MS vs ML; RV vs MP e JC vs JT).





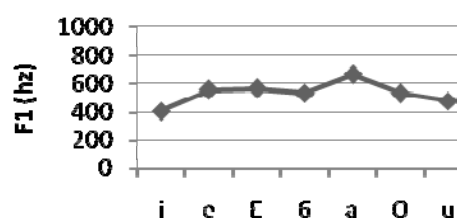
## OUVINTES

JB (4;10)

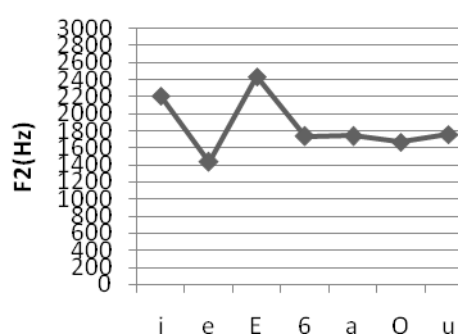


## SURDOS

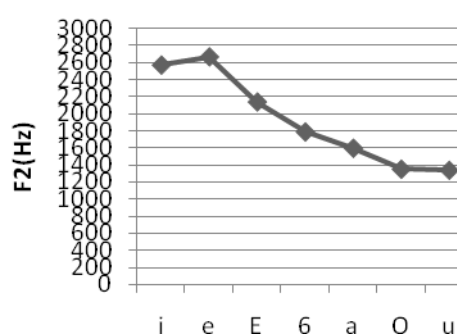
TG (5;1)



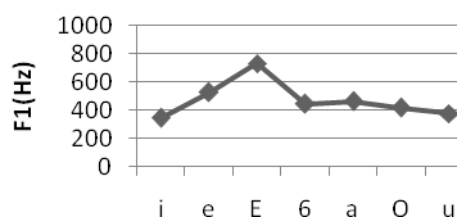
JB (4; 10)



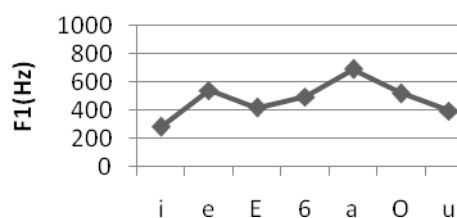
TG (5;1)



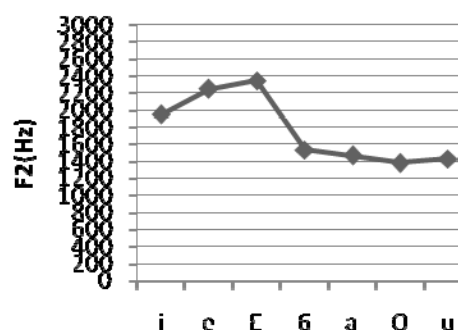
MS (6;9)



ML (6;3)



MS (6;9)



ML (6;3)

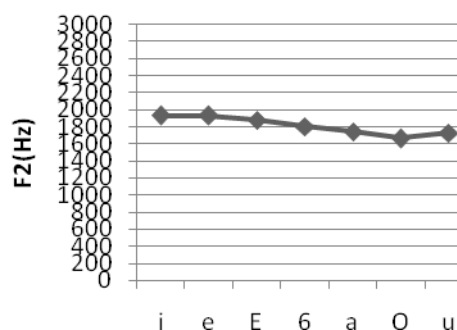


Figura 37a: Valores médios de frequência de F1 e F2 das vogais.

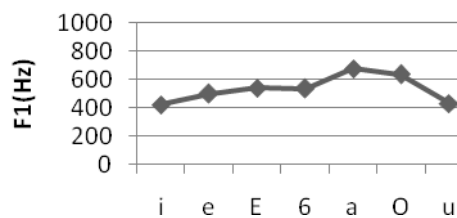
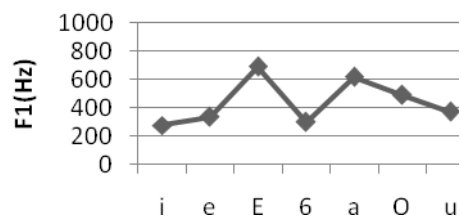


## OUVINTES

## SURDOS

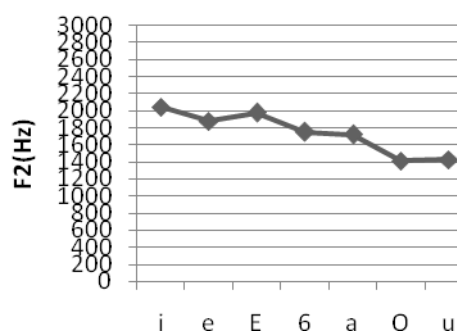
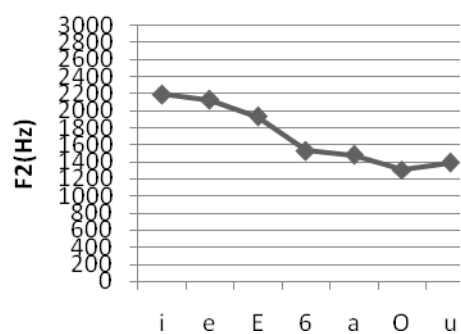
## RV (9; 9)

## MP (9;3)



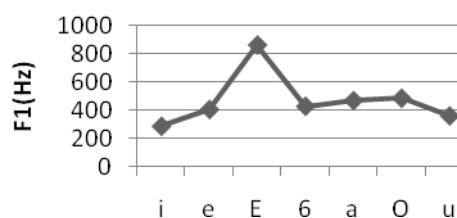
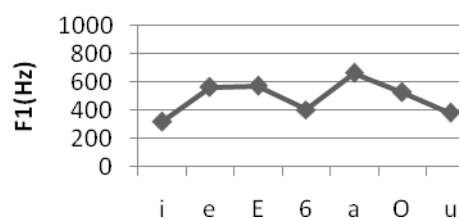
## RV (9;9)

## MP (9;3)



## JT (10;5)

## JC (11;2)



## JT (10;5)

## JC (11;2)

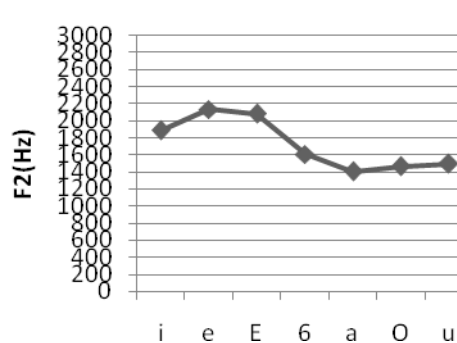
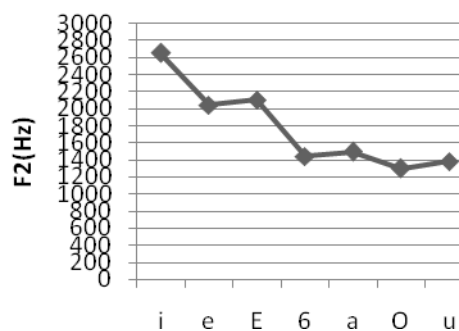


Figura 37b: Valores médios de frequência de F1 e F2 das vogais.

Fazendo uma análise geral é possível verificar que os gráficos relativos à variação de F1, para todos os informantes, não seguem o padrão previsto nas Figuras 35 e 36, ou seja um aumento dos valores de /i/ a /a/ seguida de uma diminuição à medida que se transita para /u/. Apenas em dois casos, TG e MP, se verifica uma distribuição de valores parecida com as Figuras 35 e 36. Nestes informantes surdos, do género feminino e masculino respectivamente, há uma diminuição dos valores de /E/ a /6/, sendo que o resto da distribuição se mantém intacta. Nos restantes informantes verifica-se que há um decréscimo de /a/ a /u/, variação que é esperada.

A variação de F2 revela padrões de variação menos desviantes do que seria expectável. No caso das informantes femininas verifica-se que existe uma tendência decrescente de valores, embora essa nem sempre comece na vogal /i/. Fazendo uma análise para cada uma dessas informantes detecta-se o seguinte: JB (ouvinte) – os valores decrescem entre /E/ e /O/; TG (surda) – os valores decrescem desde a vogal /e/; MS (ouvinte): ocorre uma diminuição de F2 entre /E/ e /O/; ML (surda) – existe a tendência para o decréscimo de valores, contudo, essa variação é pouco significativa e no final há um pequeno aumento dos valores.

Relativamente aos valores médios da frequência de F2 dos informantes masculinos a tendência decrescente está presente, embora não esteja isenta de pequenas idiossincrasias. Nos informantes JT, MP e RV verifica-se um efeito decrescente, enquanto para JC, esse efeito é menos significativo.

#### 4.3.3.3 Espaço das Vogais

Os falantes com maior acuidade auditiva apresentam menor dispersão de valores da frequência de F1 e F2, para uma dada vogal (Perkell e Guenther, 2003). Ou seja, as diferentes produções de uma vogal, por um indivíduo com boa acuidade auditiva, revelarão dados frequenciais situados numa zona determinada do espaço das vogais. Este tipo de falantes revela, também, um maior contraste vocálico. Este último aspecto traduz-se numa maior distância entre os valores da frequência das formantes das várias vogais (Perkell e Guenther, 2003).

As relações descritas anteriormente foram exploradas num estudo realizado por Perkell, et al. (2007). Na Figura 38 apresenta-se uma representação esquemática dos resultados desse estudo para dispersão e contraste vocálico. O tamanho das elipses

corresponde à dispersão dos valores para uma determinada vogal e a dimensão das setas equivale à distância entre os diferentes grupos de vogais. Fazendo uma comparação entre o grupo dos normo-ouvintes e as crianças implantadas há um ano, verifica-se que a distância inter-vocálica é semelhante, mas a grande diferença relaciona-se com a dispersão de valores intra-vocálicos.

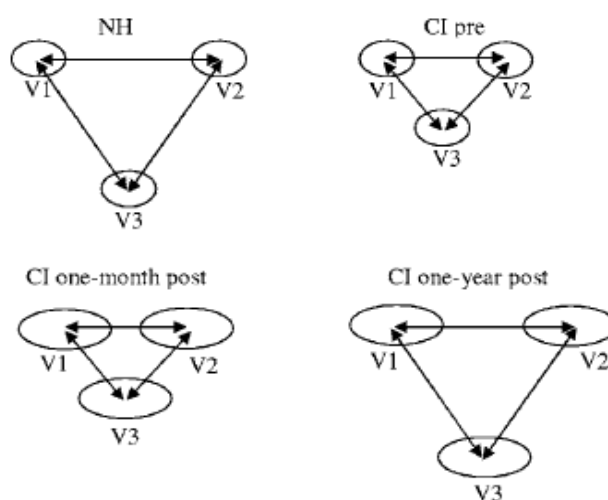


Figura 38: Representação esquemática dos resultados relativos à distância inter-vocálica e dispersão intra-vocálica para informantes normo-ouvintes (NH) e com implantes cocleares.

O grupo de implantados foi avaliado em três momentos distintos: antes da colocação do implante (CI Pre), passado um mês da activação do mesmo (CI one-month post) e passado um ano da activação (CI one-year post). De Perkell, et al. (2007).

De acordo com Perkell et al. (2007) existem algumas tendências esperadas, quando se compara uma criança implantada e outra normo-ouvinte. Geralmente, a criança com implante apresenta uma distância inter-vocálica menor e uma maior dispersão intra-vocálica.

Analisando o espaço das vogais (ver Figura 39) é possível verificar, desde logo, que o espaço das vogais de JB (normo-ouvinte) é mais compacto do que a da informante TG que revela um maior espaçamento. Desta forma, é possível concluir que a distância inter-vocálica de TG é superior à distância de JB.

Relativamente à dispersão intra-vocálica, os resultados são inconclusivos. Para a informante TG, comparativamente a JB, há uma menor dispersão de valores para as vogais anteriores /i/ e /e/, e a vogal central /6/. A dispersão de valores para /E/ é inferior para JB. Para ambas as informantes verifica-se uma grande dispersão de valores para a vogal anterior /a/ e para as recuadas /O/ e /u/.

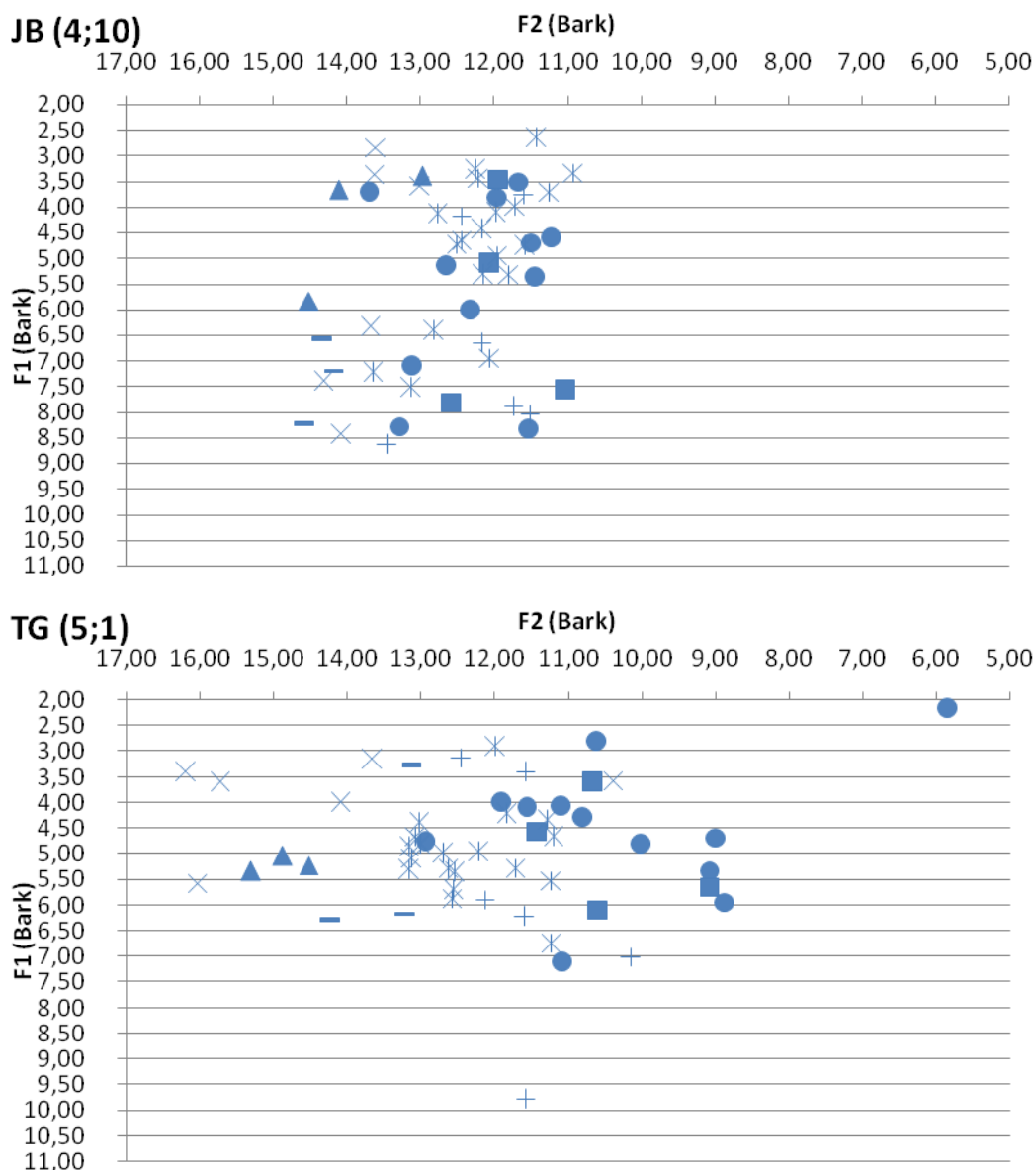


Figura 39: Espaço das vogais (escala Bark) para os informantes femininos JB (normo-ouvinte) e TG (surda). /i/: x; /e/: Δ; /E/: -; /6/:\*; /a/: +; /O/: □; /o/: >; /u/: o

Relativamente às informantes MS e ML (ver Figura 40) pode-se verificar que as vogais, de uma forma geral, encontram-se agrupadas numa disposição semelhante. Ou seja, F1 varia entre 2 e 7 Bark e F2 entre 9 e 14 Bark. Apesar da disposição de valores, verifica-se que há uma maior distância inter-vocálica nos dados de MS (especialmente entre as vogais anteriores e posteriores).

Quanto à análise da dispersão de valores intra-vocálicos, constata-se que os dados das vogais anteriores /i/, /e/ e /E/ são menos difusos para a informante MS (ouvinte). A comparação da dispersão vocálica entre as vogais centrais e posteriores não foi possível, devido à sobreposição de valores verificada em ambas as informantes.

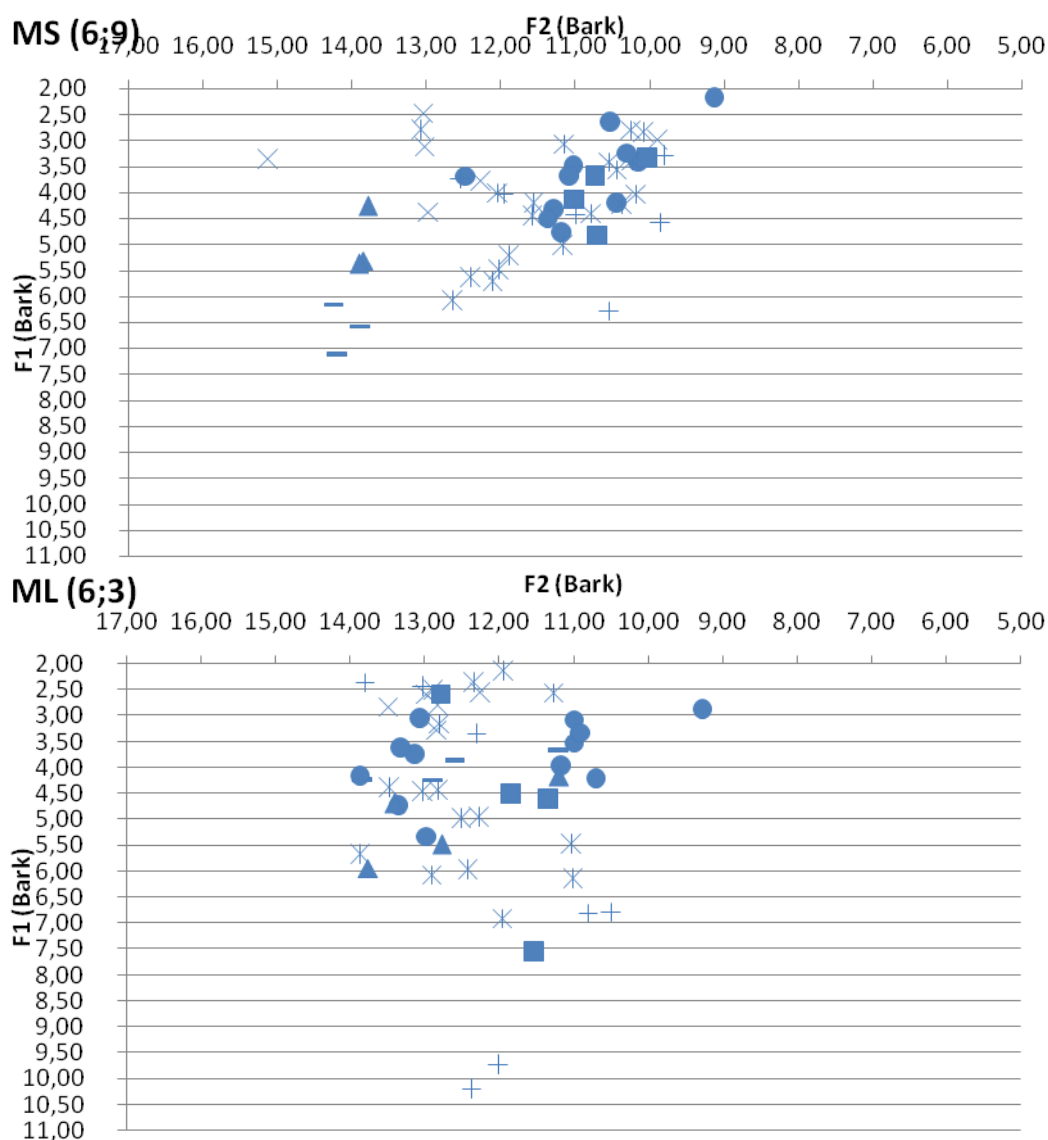


Figura 40: Espaço das vogais (escala Bark) para os informantes femininos MS (normo-ouvinte) e ML (surda). /i/: x; /e/: Δ; /E/: -; /6/:\*; /a/: +; /O/: □; /o/: >; /u/: o

Relativamente à distância intervocálica, comparando RV com MP (ver Figura 41), pode verificar-se que há uma maior distância inter-vocálica nos dados apresentados pelo informante normo-ouvinte (RV). Apesar de existir alguma amálgama de valores em ambos os informantes, verifica-se uma maior distanciação entre as vogais anteriores e centrais no informante normo-ouvinte. No informante MP, os valores mais diferenciados correspondem a F2 da vogal /u/. Quanto à dispersão intra-vocálica verifica-se, genericamente, que RV apresenta menor dispersão de valores para uma dada vogal.

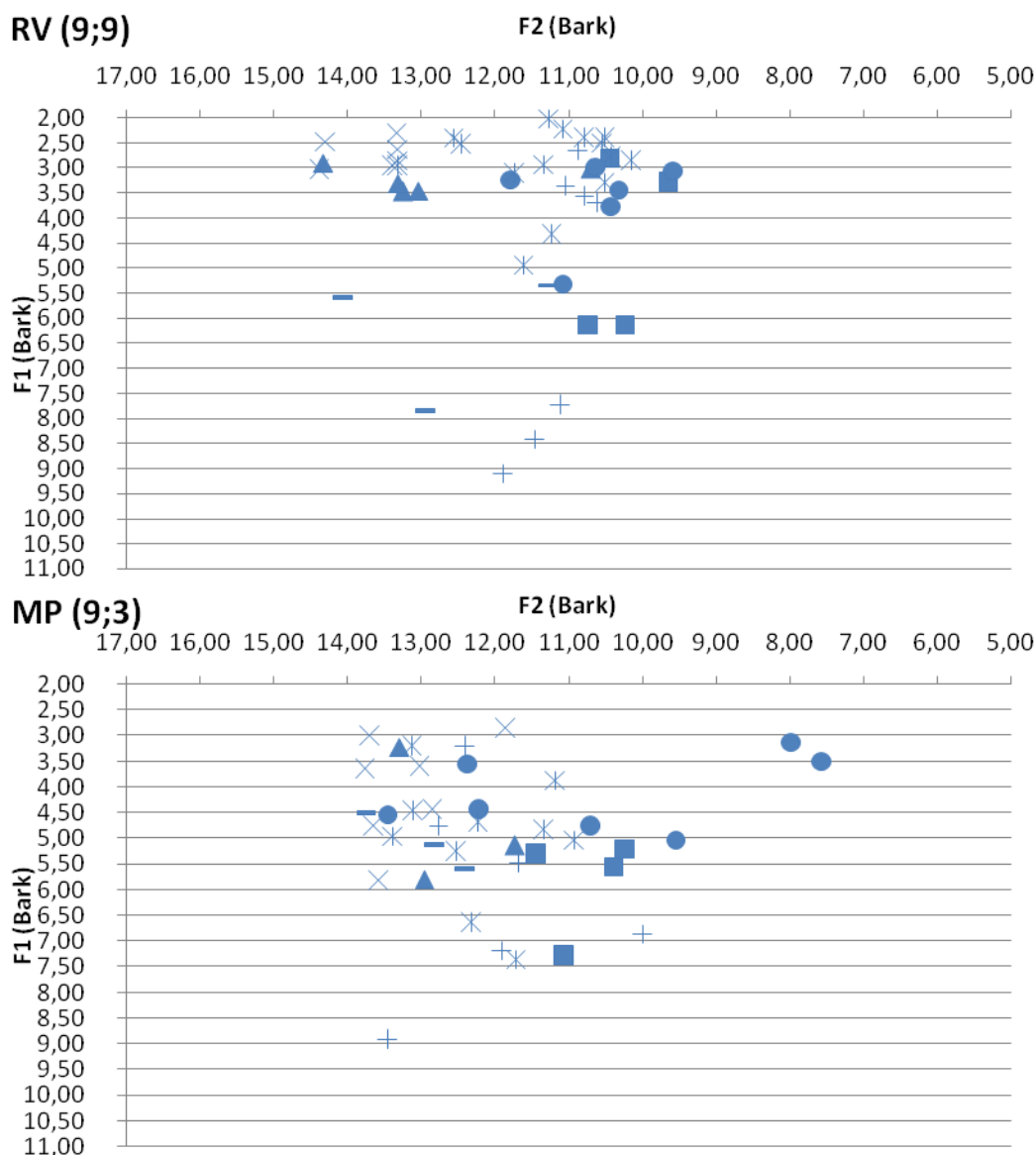


Figura 41: Espaço das vogais (escala Bark) para os informantes masculinos RV (normo-ouvinte) e MP (surdo). /i/: x; /e/: Δ; /E/: -; /6/:\*; /a/: +; /O/: □; /o/: >; /u/: o

Comparando os informantes masculinos JT e JC (ver Figura 42), pode verificar-se que há uma maior distância inter-vocálica nos dados apresentados pelo informante normo-ouvinte (JT). Existe claramente uma maior distância entre as vogais anteriores e posteriores. Para isso contribui a disposição mais dispersa, e consistente, de valores da frequência das formantes das vogais anteriores /i/, /e/ e /E/. No informante JC, as vogais apresentam-se, na sua maioria, muito próximas entre si. Quanto à dispersão intra-vocálica verifica-se, novamente, que o informante normo-ouvinte apresenta menor dispersão. Para JT, comparativamente com JC, verifica-se que há uma menor dispersão vocálica especialmente para as vogais anteriores e posteriores.

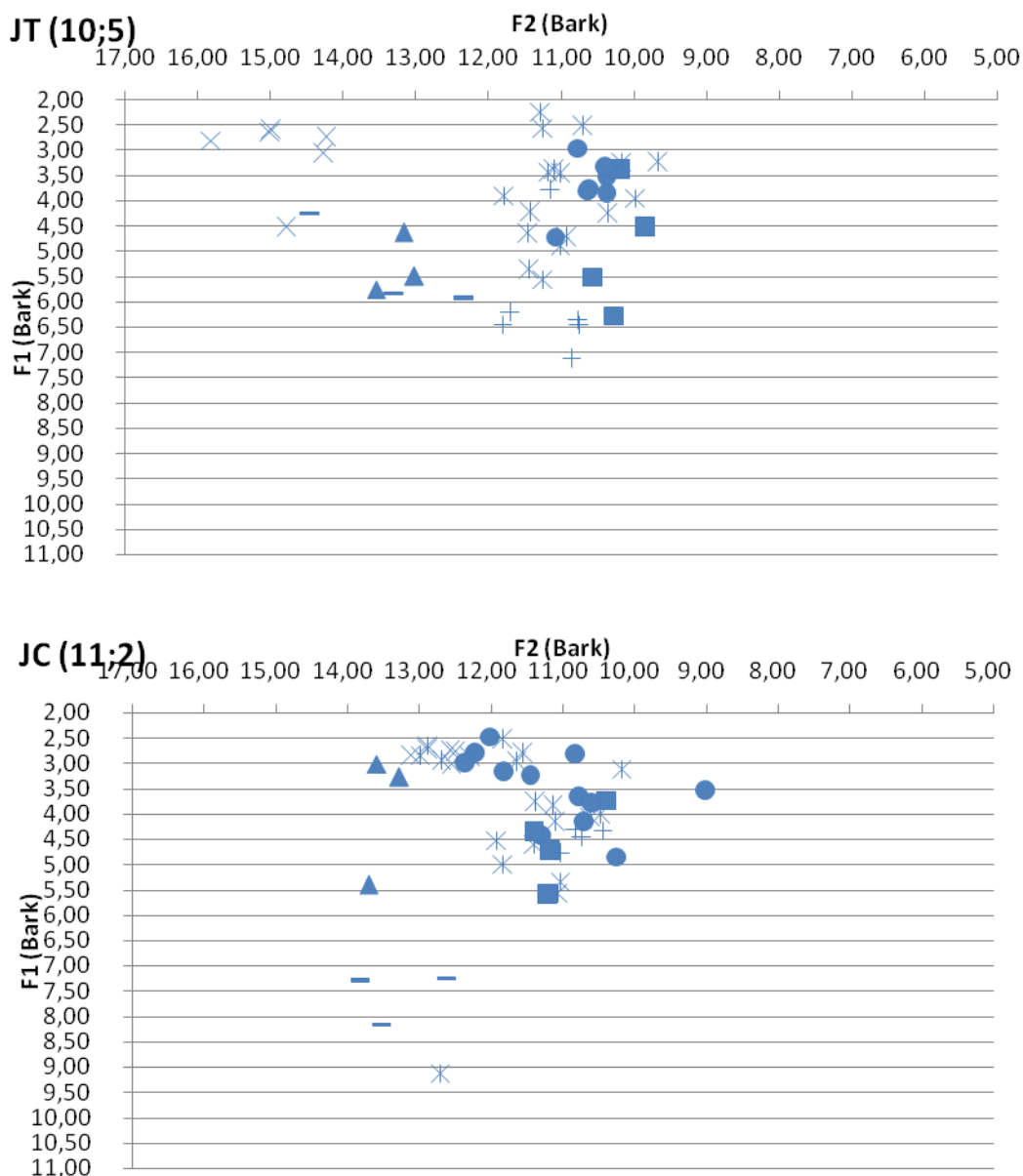


Figura 42: Espaço das vogais (escala Bark) para os informantes masculinos JT (normo-ouvinte) e JC (surdo). /i/: x; /e/: Δ; /E/: -; /6/:\*; /a/: +; /O/: □; /o/: >; /u/: o

#### 4.4. Análise Acústica das Fricativas

A principal característica articulatória das fricativas é a criação e manutenção de uma constrição estreita situada num qualquer ponto do tracto vocal. Quando o ar passa pela constrição a uma velocidade suficiente estão reunidas as condições para a geração de turbulência (Kent e Read, 2002; Raphael et al., 2007).

As fricativas não são a única classe de sons onde está envolvida a geração de ruído. Contudo, comparativamente com as oclusivas e africadas, as fricativas têm durações de



ruído relativamente superiores. Este maior intervalo de sinal aperiódico permite distinguir as fricativas como uma classe sonora. É muito problemático e arriscado associar um valor de duração específico aos segmentos de ruído das fricativas, uma vez que estes são influenciados por inúmeros factores contextuais. Num estudo clássico, Klatt (1974) concluiu que a duração da fricativa /s/ poderia variar entre 50 ms, em encontros consonânticos, e 200 ms, em posição final de palavra (Klatt, 1974).

As fricativas no Português Europeu são produzidas em três zonas distintas do tracto vocal: lábio-dental - /f/ e /v/, dento-alveolar - /s/ e /z/ e palato-alveolar - /ʃ/ e /ʒ/ (Jesus e Shadle, 2002). Estas fricativas podem ser classificadas como sibilantes /s, z, ʃ, ʒ/ ou não sibilantes /f, v/ (Kent e Read, 2002). As sibilantes têm maior energia do que as não sibilantes, e esta diferença pode ser importante para a sua identificação (Raphael et al., 2007).

Outra forma de distinguir as fricativas está relacionada com o vozeamento. As fricativas vozeadas /v, z, ʒ/ são produzidas com duas fontes de energia: vibração das pregas vocais e o ruído de turbulência. As fricativas não vozeadas apresentam, apenas, uma fonte de energia. As fricativas vozeadas apresentam segmentos de ruído tendencialmente mais curtos do que as não vozeadas (Kent e Read, 2002; Raphael et al., 2007). A presença ou ausência da energia relativa à vibração das pregas é a pista dominante para a percepção dos contrastes de vozeamento nas fricativas.

Existem diferentes estudos (Jesus e Shadle, 2002) que procuraram classificar as fricativas com base nas características temporais e espectrais. Jesus e Shadle (2002), desenvolveram um método (ver Capítulo 3), baseado em dois parâmetros, que foi fundamental para a interpretação de alguns resultados apresentados neste trabalho. Estes dois parâmetros ( $S_p^f$  e  $S_p^v$ ) serão abordados mais tarde. Estes dois parâmetros não permitem a distinção completa das fricativas mas variam com a localização e intensidade da fonte (Jesus e Shadle, 2002).

#### 4.4.1. Parâmetros acústicos

A Tabela 18 sumariza as diferentes informações estatísticas retiradas no estudo das fricativas. Esses dados reportam-se à duração e declives espectrais ( $S_p^f$  e  $S_p^v$ ). As informações foram divididas de acordo com a capacidade auditiva.

Fazendo uma análise geral da Tabela 18, quanto à duração, é possível verificar que os valores de duração das fricativas são superiores no grupo dos surdos, comparativamente com os normo-ouvintes.

Fricativas		Grupo: Surdos						Grupo: Ouvintes					
		Média	Desvio Padrão	Mediana	P25	P75	N	Média	Desvio Padrão	Mediana	P25	P75	N
[f]	Duração (ms)	220	74	190	160	250	15	170	50	170	130	200	12
	S'p (dB/kHz)	-3,11	1,19	-3,73	-3,99	-1,87	15	-3,22	1,13	-3,42	-3,60	-2,85	12
	Sp (dB/kHz)	-0,71	0,99	-0,58	-1,35	0,12	15	-0,49	0,68	-0,29	-0,92	0,04	12
[s]	Duração (ms)	230	60	220	170	260	31	210	50	200	170	250	24
	S'p (dB/kHz)	-2,15	1,99	-2,15	-3,45	-0,45	31	-2,85	2,01	-2,22	-4,22	-1,19	24
	Sp (dB/kHz)	-1,01	0,75	1,99	-1,40	-0,78	31	-3,61	0,83	-0,36	-1,02	0,24	24
[S]	Duração (ms)	240	70	230	200	250	27	190	40	190	160	220	19
	S'p (dB/kHz)	3,4	2,14	3,60	1,91	5,68	27	2,37	1,92	2,58	1,05	3,55	19
	Sp (dB/kHz)	-1,96	0,49	-2,01	-2,37	-1,54	27	-1,79	0,34	-1,85	-1,99	-1,55	19
[v]	Duração (ms)	150	50	130	110	190	10	110	30	100	90	130	19
	S'p (dB/kHz)	-4,48	1,02	-4,32	-5,39	-3,31	10	-4,80	1,39	-4,95	-5,74	-3,83	19
	Sp (dB/kHz)	-5,63	0,40	-0,52	-0,85	-0,20	10	-0,38	0,43	-0,34	-0,74	-0,07	19
[z]	Duração (ms)	160	30	180	140	190	8	130	40	130	100	140	20
	S'p (dB/kHz)	-3,34	2,19	-3,35	-4,6	-1,83	8	-5,57	1,75	-5,53	-6,86	-4,53	20
	Sp (dB/kHz)	-1,32	0,51	-1,55	-1,62	-0,90	8	-0,90	0,68	-1,02	-1,48	-0,34	20
[Z]	Duração (ms)	150	40	150	110	180	6	130	50	120	100	140	13
	S'p (dB/kHz)	0,13	3,92	-0,61	-2,34	3,88	6	-0,72	1,18	-0,27	-1,75	0,32	13
	Sp (dB/kHz)	-1,94	0,63	-2,02	-2,50	-1,34	6	-1,73	0,35	-1,75	-1,90	-1,48	13

Tabela 18: Descrição estatística das fricativas presentes no corpus, através da exposição dos valores de duração (ms), S'p (declive espectral nas baixas frequências) e Sp (declive espectral nas altas frequências). Estes valores encontram-se divididos de acordo com os dois grupos em estudo. Para cada parâmetro há valores da média, desvio padrão, mediana, percentis 25 e 75 e número de dados.

#### 4.4.2 Duração

Num estudo desenvolvido por Pirello et al. (1997) constatou-se que as fricativas alveolares /s, z/ do Inglês Americano apresentavam maiores durações do que as labiodentais /f, v/ (Pirello et al., 1997). Noutro estudo, verificou-se que a duração média das fricativas sibilantes vs não sibilantes, produzidas por 20 falantes de Inglês Americano, contrastava claramente (Jongman, Wayland e Wong, 2000). A diferença na duração entre fricativas vozeadas e não vozeadas foi descrita em vários estudos (Baum e Blumstein, 1987; Crystal e House, 1988; Jesus e Shadle, 2002; Jesus e Shadle, 2003).

Algumas das relações descritas nestes estudos também são verificadas nos resultados obtidos neste trabalho (ver Tabela 18). Para todos os informantes, normo-ouvintes e surdos, a duração média das fricativas não vozeadas é superior à das fricativas vozeadas. Fazendo uma comparação entre normo-ouvintes e surdos, relativamente à duração das fricativas, podemos verificar que todas as fricativas têm maior duração, relativamente ao mesmo fone, no grupo dos surdos.

Através da análise da Tabela 19 pode constatar-se que no caso dos normo-ouvintes, /s, z/ apresenta maior duração do que /f, v/. No grupo dos surdos verifica-se a mesma tendência de resultados mas com menor expressão.

Duração (ms)		Fricativas (**)											
		[f]		[s]		[ʃ]		[v]		[z]		[ʒ]	
		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Capacidade Auditiva	Surdo	215	36,3	232	54,3	240	38,3	154	15,3	159	22,5	150	20,4
	Ouvinte	166	41,2	209	34,5	192	28,3	114	16,6	131	24,1	130	24,3
Total		187	44,4	219	41,7	212	39,3	131	25,6	143	26,1	138	23,5

(\*) Factor Capacidade Auditiva ( $p=0,136$ ); (\*\*) Factor Fricativas ( $p=0,000$ )

Interação (dupla): Capacidade Auditiva vs Fricativas ( $p=0,625$ )

Tabela 19: Resultados de uma ANOVA mista de dois factores, para o parâmetro duração ( $n=4$ ): um factor “between-subjects” (capacidade auditiva) e um factor “within-subject” (fricativas). Em rodapé apresentam-se os valores de p-value para cada um dos factores em estudo, bem como da interação entre eles.

Para os informantes normo-ouvintes, /s, S/ apresentam maior duração do que /z, Z/. Nas crianças surdas verificam-se os mesmos resultados.

No estudo realizado por Jesus e Shadle (2003) verificou-se que existia um efeito significativo do ponto de articulação na duração das fricativas. Ou seja, à medida que o ponto de articulação se movia posteriormente, /f/→/s/→/S/ e /v/→/z/→/Z/, a duração aumentava proporcionalmente. Apesar de não ter sido efectuada uma ANOVA relativamente a este factor, pode verificar-se que, neste estudo, o ponto de articulação não tem um efeito relevante. A situação descrita apenas se verifica na produção das fricativas não-vozeadas no grupo dos surdos. Nas outras situações, constata-se que a duração aumenta das fricativas (vozeadas e não-vozeadas) labiodentais para alveolares, seguida de decréscimo das alveolares e para as palato-alveolares.

Neste estudo, para se proceder à análise do significado estatístico dos dados apresentados utilizou-se uma ANOVA mista de dois factores. O primeiro factor, “between subjects”, corresponde à amostra independente, a capacidade auditiva. O segundo factor, “within subjects”, reporta-se às fricativas. Para a duração, assumiu-se desde logo a existência de esfericidade, de acordo com o Teste de Mauchly’s (Howell, 2007, pp. 480-485). Relativamente ao significado estatístico dos vários dados retirados chegaram-se a diferentes conclusões (ver Tabela 19).

O parâmetro duração é influenciado de forma estatisticamente significativa pelo tipo de fricativa ( $p = 0,000 < 0,05$ ): as fricativas apresentam valores médios distintos. A duração média das fricativas não é influenciada de forma significativa pela capacidade auditiva ( $p = 0,136 > 0,005$ ). Apesar de todos os valores relativos à duração serem superiores no grupo dos surdos, verifica-se que não há relevância estatística. Como é possível verificar na Tabela 19, os valores médios de duração das fricativas, para os grupos /f, s, S/ e /v, z, Z/, estão relativamente próximos e o desvio padrão associado é, muitas vezes, similar. Por fim, a análise não revela a existência de interacção entre a capacidade auditiva e as fricativas ( $p = 0,625 > 0,05$ ).

#### 4.4.3 Parametrização do Espectro das Fricativas

Ao analisarmos a Figura 43a, relativa às informantes do género feminino, pode-se verificar que não há uma delimitação clara dos valores entre os vários fonemas. As elipses criadas para distinguir os pares mínimos estão, na maioria das vezes, sobrepostas. Desta forma não

existe uma distinção clara como a representada na Figura 22. Relativamente às predições efectuadas na Tabela 8, é possível concluir o seguinte:

- *Sibilantes*: As informantes JB e ML revelam resultados que estão em sintonia com as previsões:  $S_p'$  mais alto para as sibilantes. Na informante TG existe uma grande dispersão de valores no grupo /s, z/. Na informante MS as predições não se mantêm na comparação entre os grupos /s, z/ e /f, v/, uma vez que os valores estão sobrepostos;
- *Ponto de articulação posterior*: Para todos as informantes é possível verificar que o grupo /S, Z/ apresenta valores de  $S_p'$  mais altos, comparativamente com os outros dois grupos de fricativas. Para os grupos /s, z/ e /f, v/ existe sobreposição das elipses e dos valores nelas contidos;
- *Vozeamento*: Para a informante JB, a previsão feita anteriormente mantém-se. Nos informantes MS e ML a relação mantém-se apenas para o grupo /s, z/. Na TG, não é possível fazer essa análise dado que não houve produção de fricativas vozeadas.

Nos gráficos relativos aos sujeitos do género masculino (ver Figura 43b), é possível verificar que os informantes RV e JC apresentam as elipses mais delimitadas e menos sobrepostas. Nos outros dois informantes, há uma sobreposição evidente de elipses entre os grupos /s, z/ e /f, v/. Relativamente às predições efectuadas na Tabela 8, é possível concluir o seguinte:

- *Sibilantes*: A previsão feita anteriormente verifica-se claramente nos informantes RV e JC. Para JT e MP, não é possível fazer a generalização para todas as sibilantes. Para os últimos informantes, os valores de  $S_p'$  são altos para o grupo /S, Z/ comparativamente com /s, z/ e /f, v/. Contudo não é possível fazer o mesmo raciocínio comparando o grupo de sibilantes /s, z/ com /f, v/;
- *Ponto de articulação*: Verifica-se, para todos os informantes, que o grupo /S, Z/ apresenta valores de  $S_p'$  mais altos do que os outros dois conjuntos. Para o informante JC verifica-se igualmente que os valores de  $S_p'$  são superiores para /s, z/ comparativamente com /f, v/;
- *Vozeamento*: Existem dois factores que dificultam esta análise: a existência de poucos valores e a grande dispersão dentro de cada grupo de fricativas. Para os informantes JT e RV, a previsão feita anteriormente mantém-se. No informante JC,

a previsão mantém-se para o grupo /f, v/. No informante MP a previsão mantém-se para o grupo /f, v/, mas nos outros dois grupos a produção dos fonemas vozeados foi escassa.

As últimas previsões da Tabela 8 reportavam-se à distinção entre os informantes masculinos e femininos. Comparando os valores médios dos parâmetros para ambos os géneros (Masculino:  $S_p^f$  média = -1.89,  $S_p$  média = -1,17; Feminino:  $S_p^f$  média = -1.68,  $S_p$  média = -0,97) verifica-se que o valor de  $S_p$  segue uma tendência esperada, isto é, é superior nos informantes femininos. O que não está de acordo com a previsão é o facto de o valor de  $S_p^f$  ser superior para o género feminino.

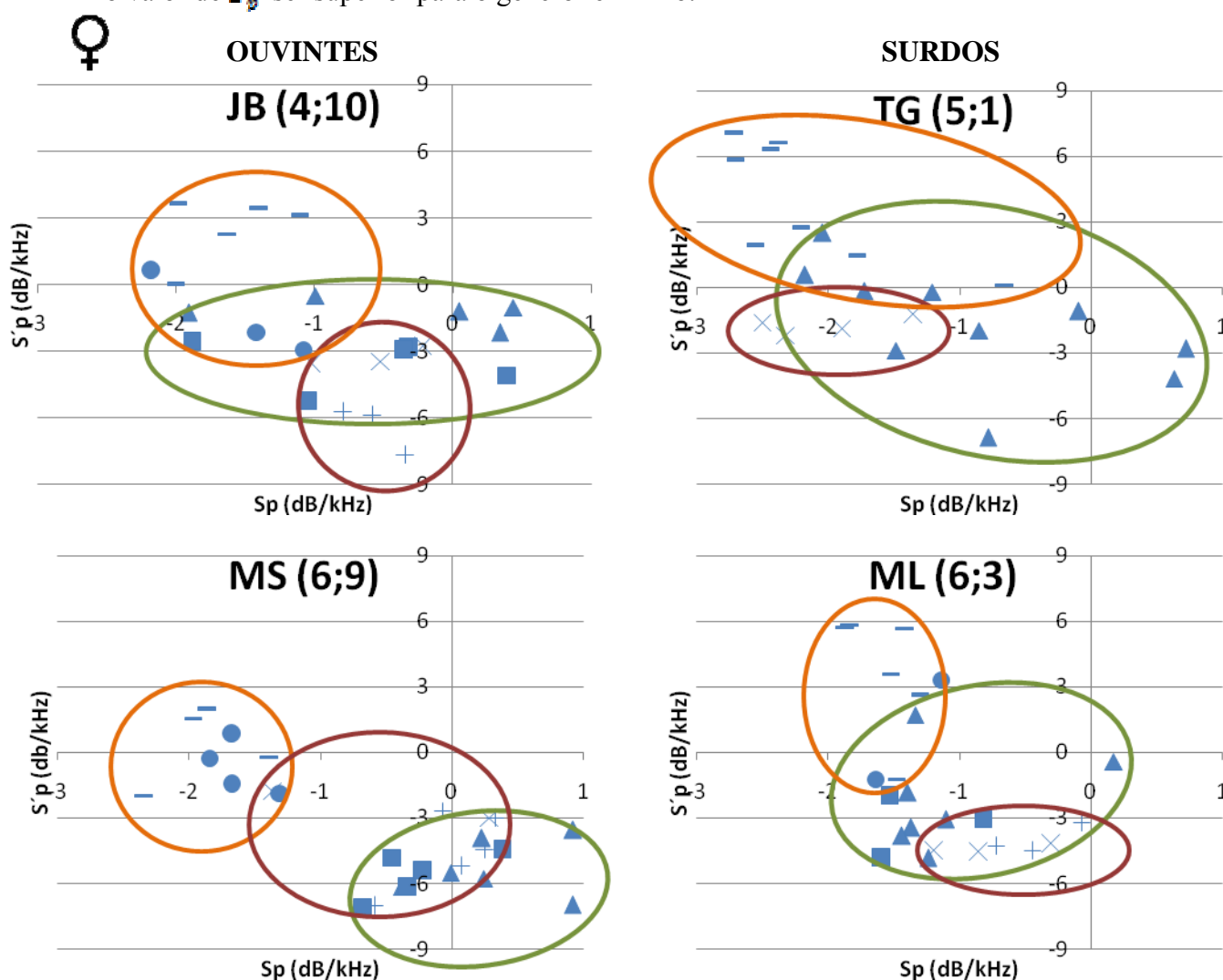


Figura 43a: Relações entre  $S_p^f$  e  $S_p$  das fricativas, para as informantes femininas. As elipses representam a dispersão de valores para um determinado ponto de articulação.  
/f/: x; /s/: Δ; /ʃ/: -; /v/: +; /z/: □; /ʒ/: o

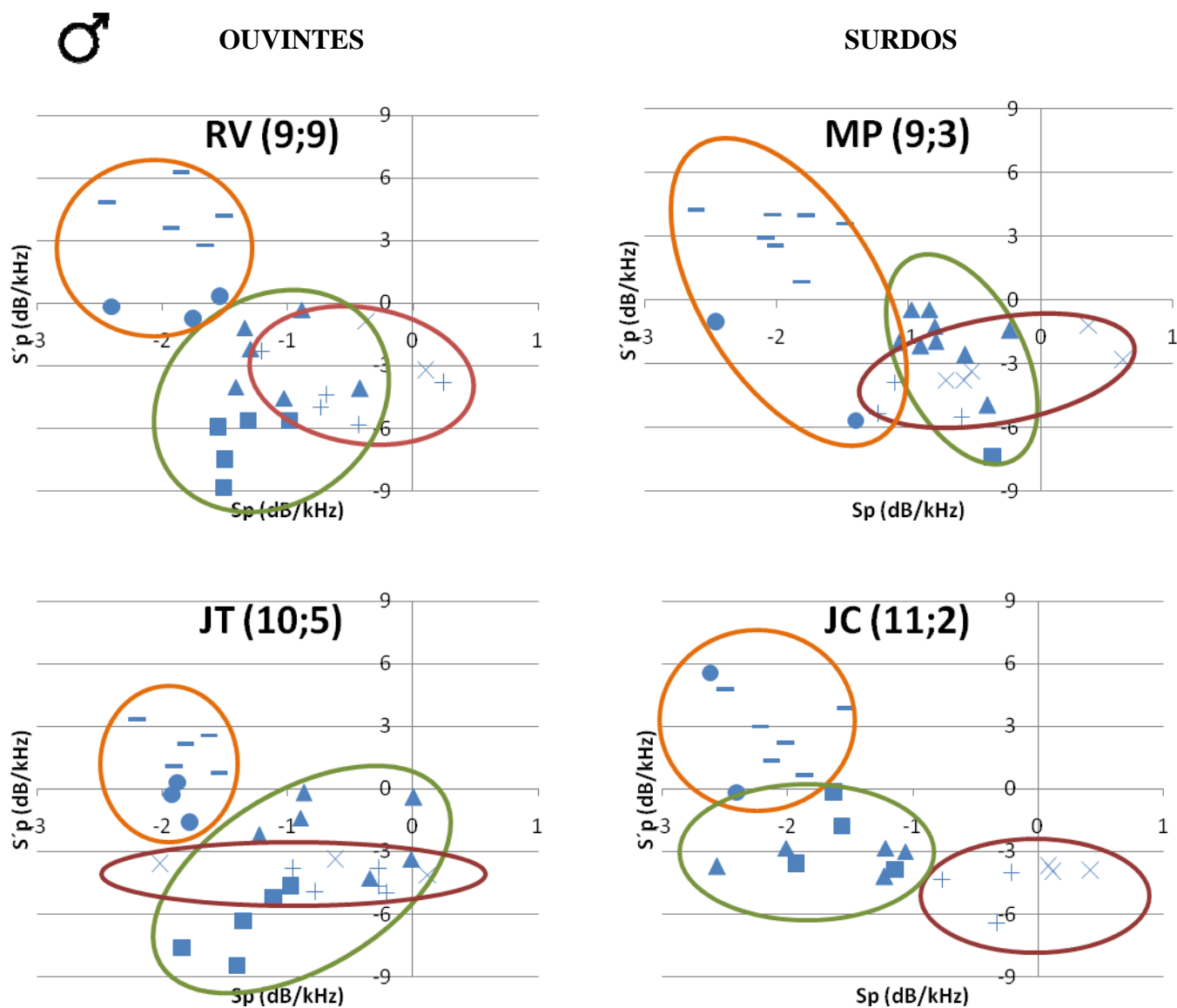


Figura 43b: Relações entre  $S'p$  e  $Sp$  das fricativas, para os informantes masculinos. As elipses representam a dispersão de valores para um determinado ponto de articulação.

/f/: x; /s/: Δ; /ʃ/: -; /v/: +; /z/: □; /ʒ/: o



## 4.5. Qualidade Vocal

Os aspectos prosódicos da produção de fala requerem uma interacção complexa entre vários mecanismos fisiológicos de articulação, fonação e respiração. Todos estes mecanismos deverão estar sincronizados com a mensagem linguística. Para ocorrer a regulação e coordenação de F0, intensidade e ritmo é necessária uma base fisiológica estável. Através da análise dos aspectos prosódicos, na fala de indivíduos surdos, identificaram-se vários aspectos característicos: descoordenação respiratória, pausas extensas, F0 aumentado, pouca variação da F0 e intensidade alta (Osberger, 1992; Tobey et al., 1994a; Abberton, 2000; Behlau et al., 2001; Prado, 2007). A fala de crianças com IC tem sido descrita como mais inteligível e mais adequada ao nível da produção de aspectos segmentais do que suprasegmentais (Osberger et al., 1993; Svirsky, 1998a; Tobey et al., 2003; Peng et al., 2005).

As diferenças prosódicas existentes na fala de crianças com IC, relativamente às normo-ouvintes, relacionam-se com a duração dos segmentos e as variações de F0. As crianças com implantes tendem a produzir segmentos de fala mais longos, usarem variações de F0 menos marcadas e apresentarem valores de F0 superiores.

Um dos objectivos deste estudo passava pela análise de alguns dos parâmetros vocais mais comumente enunciados na literatura: F0, Jitter (pequenas variações ao nível da F0) e Shimmer (pequenas variações ao nível da amplitude) (Titze, 1994; Titze, 2000)<sup>4</sup>. Com esse intuito, procedeu-se à análise do significado estatístico dos dados retirados, através de uma ANOVA mista de dois factores. O primeiro factor, “between subjects”, corresponde à amostra independente, a capacidade auditiva. O segundo factor, “within subjects”, reporta-se às vogais. Para este estudo estatístico, comparativamente com o realizado anteriormente para as vogais, foram apenas usadas as vogais mediais. Optou-se por este procedimento uma vez que no contexto medial havia uma maior variedade de vogais e maior número de dados. É importante referir que a vogal /6/ não foi utilizada na realização da ANOVA dado ter sido omitida, neste contexto, por vários informantes.

A informação relativa aos resultados da ANOVA está anexa à Tabela 20. Para F0 e Shimmer foi possível assumir a existência de esfericidade, de acordo com o teste de

---

<sup>4</sup> **Jitter:** A short-term (cycle-to-cycle) variation in the fundamental frequency of a signal; **Shimmer:** A short-term (cycle-to-cycle) variation in the amplitude of a signal. (Titze 1994, pp. 32 e 34).

Mauchly's. Para o Jitter a hipótese de esfericidade não pôde ser assumida. Desta forma escolheu-se o  $\epsilon$  mais perto de 1 (Howell, 2007, pp. 316-318, 480-485).

Através da análise exploratória da variância de F0, apresentada na Tabela 20, é possível verificar que não existe um efeito significativo do factor capacidade auditiva ( $p=0,500 > 0,05$ ). Apesar disso, e de acordo com os estudos citados anteriormente, os valores médios de F0 das vogais dos surdos são superiores aos dos normo-ouvintes. Existe um efeito significativo do factor vogal: as várias vogais apresentam valores de F0 distintos. Não se verifica qualquer efeito estatisticamente relevante na interacção entre capacidade auditiva e vogal.

		Vogais (**)											
		[i]		[e]		[E]		[a]		[O]		[u]	
F0 (Hz)		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Capacidade Auditiva (*)	Surdo	272	20,7	254	32,8	252	29,1	278	47,9	254	28,3	286	37,8
	Ouvinte	248	26,1	251	33,6	249	28,1	240	43,5	244	25,3	272	38,4
Total		260	25,5	252	30,6	250	26,5	259	46,9	249	25,4	279	36,1

(\*) Factor Capacidade Auditiva ( $p=0,500$ ); (\*\*) Factor Vogal ( $p=0,006$ )  
 Interacção (dupla): Capacidade Auditiva vs Vogal ( $p=0,228$ )

Tabela 20: Resultados de uma ANOVA mista de dois factores, para o parâmetro  $F_0$  ( $n=4$ ): um factor “between-subjects” (capacidade auditiva) e um factor “within-subject” (vogais). Em rodapé apresentam-se os valores de p-value para cada um dos factores em estudo, bem como da interacção entre eles.

Uma vez que Jitter e Shimmer são valores derivados de  $F_0$ , verifica-se uma tendência de resultados similar à anterior. Como se pode ver pelas tabelas 21 e 22, não há qualquer relevância estatística nos factores “within-subjects” e “between-subjects” estudados. No caso do Jitter verifica-se a seguinte tendência: o grupo dos normo-ouvintes apresenta valores tendencialmente mais altos. Para o Shimmer constata-se que as vogais anteriores apresentam valores mais altos no grupo dos implantados; nas vogais centrais e recuadas a relação é inversa. Como foi já referido, nenhuma destas indicações é estatisticamente significativa.

		Vogais (**)											
		[i]		[e]		[ɛ]		[a]		[o]		[u]	
Jitter (%)		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Capacidade Auditiva (*)	Surdo	3,10	1,04	1,48	1,94	1,11	1,94	3,54	6,61	2,32	1,07	3,38	3,23
	Ouvinte	4,82	3,44	1,46	0,76	2,51	5,02	18,96	26,21	22,35	39,92	4,24	2,10
Total		3,96	2,58	1,47	1,36	1,81	3,60	11,25	19,52	12,34	28,25	3,81	2,56

(\*) Factor Capacidade Auditiva ( $p=0,067$ ); (\*\*) Factor Vogal ( $p=0,458$ )

Interacção (dupla): Capacidade Auditiva vs Vogal ( $p=0,515$ )

Tabela 21: Resultados de uma ANOVA mista de dois factores, para o parâmetro Jitter ( $n=4$ ): um factor “between-subjects” (capacidade auditiva) e um factor “within-subject” (vogais). Em rodapé apresentam-se os valores de p-value para cada um dos factores em estudo, bem como da interacção entre eles.

		Vogais (**)											
		[i]		[e]		[ɛ]		[a]		[o]		[u]	
Shimmer (%)		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Capacidade Auditiva (*)	Surdo	5,91	3,15	5,90	3,85	5,43	9,90	0,41	0,41	7,01	6,54	4,29	2,17
	Ouvinte	4,10	2,69	4,84	4,41	0,72	1,44	7,34	5,06	7,59	7,21	7,59	2,85
Total		5,01	2,88	5,37	3,87	3,07	7,02	3,87	4,97	7,30	6,38	5,94	2,93

(\*) Factor Capacidade Auditiva ( $p=0,588$ ); (\*\*) Factor Vogal ( $p=0,641$ )

Interacção (dupla): Capacidade Auditiva vs Vogal ( $p=0,300$ )

Tabela 22: Resultados de uma ANOVA mista de dois factores, para o parâmetro Shimmer ( $n=4$ ): um factor “between-subjects” (capacidade auditiva) e um factor “within-subjects” (vogais). Em rodapé apresentam-se os valores de p-value para cada um dos factores em estudo, bem como da interacção entre eles.

#### 4.6. Sumário

Relativamente à análise fonológica foi necessário expor, numa primeira fase, os critérios de classificação relativos aos erros. No caso das fricativas a fundamentação foi baseada em processos de classificação já descritos (Bosch, 1983; Ingram, 1983; Bosch, 1987; Ingram, 1992; Bowen 1999). Para as vogais, optou-se por criar um sistema que pretendia assinalar uma orientação/deslocação no espaço das vogais, baseada na correlação entre dois factores: altura do dorso da língua e o recuo/avanço da mesma. A análise dos resultados foi segmentada em quatro momentos: reflexão geral, comparação de resultados por capacidade auditiva, comparação de pares de informantes e análise sobre o tipo de fonemas alterados conjuntamente com a capacidade auditiva.

No que concerne à análise acústica das vogais, os procedimentos dividiram-se em três pontos principais: análise estatística, estudo da relação entre F1 e F2 e espaço das vogais. Apresentaram-se tabelas com os valores da estatística descritiva relativos às variáveis: duração, F1, F2, F0, Jitter e Shimmer. Aplicaram-se ANOVAs mistas de três factores, tendo-se procedido à escolha das vogais que ocorriam nos dois contextos de produção. Quanto ao estudo da relação entre F1/F2, tentou-se fazer sempre um paralelismo com os resultados do estudo de Martins (1973) e Escudero et al. (2008). Foi também realizada uma análise comparativa entre os pares de informantes. Os dados deste estudo foram comparados aos de Lane et al. (2007).

Seguidamente, apresentaram-se os resultados relativos às fricativas. A nível estatístico foi feito um estudo da duração usando o teste ANOVA mista de dois factores. O estudo sobre o espectro das fricativas utilizou conceitos apresentados por Jesus e Shadle (2002).

Finalmente, para caracterizar a qualidade vocal fez-se um estudo estatístico das variáveis F0, Jitter e Shimmer, utilizando apenas os valores das vogais em posição medial, recorrendo à ANOVA mista de dois factores.

# Capítulo 5.

## Conclusões e Trabalho Futuro

### 5.1 Introdução

Neste Capítulo final é apresentada uma súmula desta Dissertação. Deste modo, privilegia-se a explanação dos objectivos deste trabalho, a ligação dos principais resultados e conclusões com a bibliografia consultada. Posteriormente, é referido o contributo deste trabalho para o processo de avaliação e intervenção em Terapia da Fala. Finalmente serão feitas algumas propostas de continuidade desta temática.

Este estudo intentou esclarecer, numa fase inicial, sobre a importância da análise da produção de fala em crianças surdas com implantes cocleares. Para o efeito foram investigados e analisados na literatura vários aspectos: desenvolvimento suprasegmental e segmental (revisão de alguns estudos sobre vogais e consoantes), padrões de inteligibilidade e a qualidade vocal. Para os diferentes aspectos analisados bibliograficamente, procurou-se produzir um conjunto de dados que permitissem efectuar uma comparação eficaz. Além do objectivo de estudar a produção de fala, pretendeu-se criar uma metodologia de trabalho que pudesse ser replicada por outros terapeutas. Desta forma, recorreu-se a imagens da web (para a criação do corpus) e ao uso de programas gratuitos (e.g., SFS) ou acessíveis a uma instituição (e.g., SPSS e Adobe Audition). Pretendeu-se, como consequência, criar um certo nível de replicabilidade. Esse procedimento advém da necessidade de criar, nos terapeutas da fala, um sentimento de urgência na adopção de metodologias para proceder a momentos de avaliação mais completos e quantificar, de forma mais objectiva, a evolução dos seus pacientes.

A amostra deste estudo foi constituída por dois grupos (cada grupo tinha dois indivíduos de cada género), tendo por base a sua capacidade auditiva: normo-ouvintes e surdos com implantes cocleares. Procurou-se fazer uma análise comparativa entre os elementos dos dois grupos, tendo em conta a produção verbal oral de fricativas e vogais, e os padrões vocais.

## 5.2 Conclusões

Inicialmente, procedeu-se à exposição dos critérios de classificação das alterações identificadas nas fricativas. Para as vogais, apresentou-se um formato de avaliação possível para caracterizar os fenómenos observados. Da análise efectuada foi possível verificar que a maioria dos fonemas (fricativas e vogais) para todos os informantes do estudo, foram produzidos correctamente. Isto verificou-se, especialmente, para as vogais em posição medial. De uma forma global, verificou-se que a omissão foi o erro fonológico mais comum na produção das vogais (notoriamente para as situadas em posição final). Nas fricativas, e para todos os informantes, o erro mais comum foi o desvozeamento. Através da comparação entre os pares de informantes, verifica-se uma tendência clara: há uma maior ocorrência de erros, e as alterações são mais diversificadas, nos informantes surdos com IC.

Para as vogais em posição medial, predominam erros de omissão no grupo dos normo-ouvintes, sendo que no grupo dos surdos os erros encontram-se dispersos. Nas fricativas, constata-se que os erros surgem, maioritariamente, no grupo dos surdos. Os erros mais expressivos são os de desvozeamento, anteriorização e posteriorização. Nas vogais em posição final, e para ambos os grupos, as omissões são as alterações mais evidentes. O que diferencia os grupos são os tipos de substituições que ocorrem.

Também foi possível identificar o tipo de fonemas mais alterados para cada um dos grupos em estudo. Para os normo-ouvintes, verificaram-se erros nas vogais /u/ e /6/ em posição medial e nas fricativas /v/ e /S/. No grupo dos surdos, constataram-se erros nas vogais /u/, /i/, /a/ e /6/ em posição medial e em todas as fricativas vozeadas. Para ambos os grupos, as alterações verificadas para as vogais em posição final relacionavam-se com /u/ e /6/.

No momento de análise das vogais, em posição medial e final, apresentaram-se tabelas que continham vários valores sobre diversos parâmetros: duração, F0, F1, F2, Jitter e Shimmer. Na realização das ANOVAs, para os parâmetros duração, F1 e F2, foram utilizadas as vogais que se repetiam nos dois contextos de produção (medial e final) e que definem os limites do espaço das vogais em Português Europeu: /E/, /6/, /a/ e /u/. O tipo de ANOVA utilizado foi a mista de três factores. De acordo com os resultados deste teste, para F1 e F2, constatou-se o seguinte resultado estatisticamente significativo: as diferentes vogais tendem a apresentar valores de F1 e F2 distintos independentemente da capacidade

auditiva. Este resultado está de acordo com o trabalho de Escudero et al. (2008). Verificou-se, de forma estatisticamente significativa, que os normo-ouvintes apresentavam valores mais altos de F1 para as vogais /E/, /a/ e /u/. No parâmetro duração, detectou-se um maior número de resultados estatisticamente significativos: os informantes com IC apresentaram durações vocálicas superiores, o que está de acordo com o estudo de Nicolaidis (2007); as diferentes vogais apresentaram valores de duração distintos e as vogais apresentaram valores de duração diferentes de acordo com o contexto de produção, estando ambos os resultados em sintonia com o estudo de Escudero et al. (2008).

Além da análise estatística dos vários parâmetros referidos, também foi realizado um estudo sobre a relação entre F1/F2 e sobre o espaço das vogais (sendo realizada uma comparação colectiva e individual). Relativamente ao primeiro estudo foi feita uma análise comparativa tendo em conta as investigações realizadas por Martins (1973) e Escudero et al. (2008). De uma forma geral, foi possível verificar que os valores de F1, para os dois grupos de informantes, não seguem os padrões identificados nos estudos de Martins (1973) e Escudero et al. (2008). Para os dois grupos de informantes, a variação de valores de F2 está mais consentânea com os dados dos dois estudos anteriores. No que concerne ao segundo estudo, sobre o espaço das vogais, os resultados obtidos foram comentados tendo como base os dados do estudo de Lane et al. (2007). De acordo com este estudo, a criança com implante apresenta uma distância inter-vocálica mais baixa e uma maior dispersão intra-vocálica. Os dados relativos aos pares de informantes MS vs ML, RV vs MP e JT vs JC, estão de acordo com o estudo de Lane et al. (2007). No par JB vs TG, a relação não se mantém. Contudo, surgiram algumas dúvidas aquando da análise. As reflexões foram mais fáceis de realizar para as vogais anteriores, para ambos os grupos, uma vez que estas apresentaram padrões de dispersão mais claros e menos sobrepostos.

Relativamente às fricativas, foi apresentada uma tabela que continha dados estatísticos sobre parâmetros diferentes: duração e declive espectral. Para o parâmetro duração foi efectuada uma ANOVA mista de dois factores. Constatou-se, de forma estatisticamente significativa, que as fricativas apresentavam valores médios de duração distintos, o que está de acordo com Kent e Read (2002) e Raphael et al. (2007). Apesar de não existir relevância estatística, verificou-se que a duração média das várias fricativas era sempre superior no grupo dos surdos. Este resultado foi extremamente importante uma vez permitiu fazer a contraposição entre características fonológicas e aspectos acústicos, nos

informantes surdos. Verificou-se que, apesar das várias alterações fonológicas identificadas nas fricativas para a população surda, não existiam diferenças significativas no aspecto acústico relacionado com a duração. De certa forma, pôde-se fazer um paralelismo entre a performance dos dois grupos em estudo.

Foi também efectuado um estudo sobre o espectro das fricativas. Este foi essencial para explicar a importância dos dados relativos ao declive espectral e prever os efeitos em vários parâmetros, tendo em conta as consequências numa classe fonética específica. As previsões efectuadas na Tabela 8, de acordo com Jesus e Shadle (2002), nem sempre se verificaram (e.g., na previsão feita sobre a comparação entre os informantes masculinos e femininos, o valor de  $S_{\frac{f}{p}}$  foi maior para os segundos informantes). Para as informantes do sexo feminino foi possível constatar o seguinte:

- *Sibilantes*: as informantes JB e ML revelaram resultados que estão em sintonia com as previsões, TG e MS não;
- *Ponto de articulação posterior*: para todos as informantes foi possível verificar que o grupo /S, Z/ apresentava valores de  $S_{\frac{f}{p}}$  mais altos. Os resultados da comparação entre os grupos /s, z/ e /f, v/ não foram claros devido à sobreposição das elipses e dos valores nelas contidos;
- *Vozeamento*: a previsão manteve-se, na totalidade, para JB.

Nos informantes do género masculino detectaram-se as tendências seguintes:

- *Sibilantes*: a previsão feita anteriormente verificou-se claramente nos informantes RV e JC. Para JT e MP, não foi possível fazer a generalização para todas as sibilantes;
- *Ponto de articulação*: verificou-se, para todos os informantes, que o grupo /S, Z/ apresentava valores de  $S_{\frac{f}{p}}$  mais altos do que os outros dois conjuntos;
- *Vozeamento*: para os informantes JT e RV, a previsão feita anteriormente manteve-se.

Constatou-se que não existiam grandes diferenças quanto às performances dos indivíduos normo-ouvintes e surdos com implantes cocleares. Para as várias previsões efectuadas, exceptuando a comparação entre os géneros, verificou-se que não houve uma grande discrepância entre os dois grupos de informantes. O único parâmetro onde surgiram algumas diferenças foi o do Vozeamento. Neste caso, apenas os informantes normo-



ouvintes apresentaram resultados de acordo com as previsões (exceptuando a informante MS). Esta última observação permitiu fazer um novo paralelismo com os resultados fonológicos obtidos para os informantes surdos. Como referido anteriormente, os erros de desvozeamento foram dos mais significativos nestes informantes. Desta forma, verificou-se que existia uma correspondência entre resultados em dois momentos de análise distintos, quanto à sua natureza e procedimento. Esta ocorrência vem confirmar, em parte, as previsões efectuadas no estudo de Jesus e Shadle (2002).

Finalmente, realizou-se o estudo sobre a qualidade vocal tendo em conta os parâmetros F0, Jitter e Shimmer. Desta forma, aplicou-se uma ANOVA mista de dois factores para cada uma das variáveis identificadas. Para esta análise foram seleccionadas as vogais em posição medial, devido à presença de maior número de dados e haver maior representatividade vocálica. Para os três parâmetros não se verificaram quaisquer resultados estatisticamente significativos. Contudo, nas vogais em posição medial, verificou-se que os valores de F0 eram superiores nos informantes surdos com implante coclear.

A realização deste estudo de produção de fala em crianças surdas com IC permitiu realizar uma descrição de vários aspectos acústicos e fonológicos inerentes a este grupo de informantes, caracterizar e comparar dois grupos de informantes, comparar os resultados com estudos nacionais e internacionais de relevo, e criar uma base de dados acústicos e fonológicos.

Uma vez que esta é uma temática muito abordada a nível internacional, foi possível aceder a uma quantidade razoável de publicações científicas. Essa bibliografia permitiu refinar o tema da Dissertação, bem como a metodologia a adoptar. A inexistência de investigações nacionais sobre esta temática causou alguma preocupação. O facto de existir um centro de excelência para a implantação coclear de crianças em Portugal, deveria mobilizar os profissionais de educação na tentativa de perceber como todo o processo decorre e investigar quais os benefícios, sociais e educacionais, a longo prazo decorrentes da colocação do implante.

A lacuna mais evidente que se pode apontar ao trabalho é a limitação quanto à generalização dos resultados fruto do tamanho reduzido da amostra. Outro aspecto que não beneficiou o trabalho foi a tentativa de fazer uma análise abrangente, integrando vários

parâmetros de estudo. Esta confluência de informação poderá tornar a análise dos dados menos intuitiva.

### **5.3 Trabalho futuro**

A temática específica deste trabalho está longe de estar finalizada. Esta Dissertação espelha uma perspectiva de investigação sobre a fala de crianças com IC. Através da análise das metodologias adoptadas e dos resultados obtidos, foi possível identificar vários aspectos que terão de ser melhorados, de forma a permitir investigações futuras. Desta forma, e mantendo uma estrutura de investigação semelhante, será útil: introduzir todas as vogais do Português Europeu; criar uma representatividade vocálica idêntica para cada um dos contextos de produção; variar o aparecimento da fricativa em contexto de palavra; variar a natureza das tarefas de produção; permitir várias repetições do mesmo enunciado.

Como foi descrito na apresentação do método, o corpus deste trabalho reflecte apenas uma pequena parte de todo um constructo criado para analisar a produção de fala de crianças surdas com implantes cocleares. Esta temática não se esgota neste trabalho uma vez que se criaram conjuntos de dados que vão permitir realizar uma análise mais minuciosa ao nível, por exemplo, dos mecanismos da expressão verbal oral em momentos espontâneos de interacção. Desta forma, a análise dos padrões de qualidade vocal, bem como da capacidade de articulação verbal oral, serão feitas tendo como base dados holísticos (dado à sobreposição de informação).

De um ponto de vista terapêutico, este trabalho foi importante uma vez que os dados permitiram fazer uma descrição fonológica minuciosa, para os elementos dos dois grupos. Como será natural, esta área terá grande interesse para um Terapeuta da Fala, quer numa perspectiva de avaliação como de intervenção, uma vez que se estabelece uma linha de base relativamente às alterações fonológicas. Este estudo é também relevante uma vez que se estudaram várias propriedades acústicas (e.g., duração e vozeamento das fricativas) adoptando metodologias quantitativas. O recurso a “software” de análise acústica e a extracção de medidas objectivas e mensuráveis serão os próximos desafios para um Terapeuta da Fala. A importância destas medidas e desses programas para o processo de avaliação foi evidenciada com este trabalho.

# Bibliografia

- Abberton, E. (2000). Voice Quality of Deaf Speakers. In Dent, R. (Ed.) *Voice Quality Measurement* (pp. 449-59). Singular Publishing Group, Inc.
- Adi-Bensaid, L. e Bat-El, O. (2004). The development of the prosodic word in the speech of a hearing-impaired child with a cochlear implant device. *Journal of Multilingual Communication Disorders* 2(3), 187-206.
- Allen, M. C. e Nikolopoulos, T. (1998). Speech intelligibility in children after cochlear implantation. *American Journal of Otology* 19, 742-6.
- Andrade, A. (1995). Percepção de C ou CC oclusivas por ouvintes nativos do português europeu. *Actas do XI Encontro Nacional da Associação Portuguesa de Linguística* (pp. 153-86). Lisboa - Portugal.
- ANSI. (1990). Method of Measuring the Intelligibility of Speech Over Communication Systems. In Bioacoustics (Ed.): Acoustical Society of America.
- ANSI. (1997). Methods for Calculation of the Speech Intelligibility Index. In American National Standards Institute, I. (Ed.): Acoustical Society of America.
- Bakhshae, M., Ghasani, M., Shakeri, M., Razmara, N., Tayarani, H. e Tale, M. (2007). Speech development in children after cochlear implantation. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 264, 1263-6.
- Barac-Cikoja, D. (2004). Effects of Temporal and Spectral Alterations of Speech Feedback on Speech Production by Persons with Hearing Loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surgery* 130, 598-603.
- Bauer, P., Sharma, A., Martin, K. e Dorman, M. (2006). Central Auditory Development in Children With Bilateral Cochlear Implants. *Arch Otolaryngol Head Neck Surgery* 132, 1133-6.
- Baum, S. e Blumstein, S. (1987). Preliminary observations on the use of duration as a cue to syllable-initial fricative consonant voicing in English. *Jornal Acoustical Society of America* 82(3), 1073-7.
- Behlau, M., Giusti, M., Padovani, M. e Granato, L. (2001). A Voz da Criança Deficiente Auditiva. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia* 67(1), 29-35.
- Boothroyd, A. (1985). Evaluation of speech production of the hearing impaired: Some benefits of forced-choice testing. *Journal of Speech Hearing Research* 28, 185-96.
- Boothroyd, A. e Springer, N. (1984). Test-retest reliability of a speech pattern contrast (SPAC) test SHARP Project on New Generation Hearing Aids.

- Borghei, P. e Daneshmandan, N. (2007). Speech Intelligibility Development in Severe to Profound Hearing-Impaired Children and Establishment of a Data Collection for Early Intervention in Hearing-Impaired Children. *Acta Medica Iranica* 45(1), 35-42.
- Bosch, L. (1983). El desarrollo fonológico infantil: una prueba para su evaluación. *Anuario de Psicología* 28(1), 87-114.
- Bosch, L. (1987). *Aval. luació del desenvolupament fonològic en nens catalano-parlants de 3 a 7 anys*. Barcelona: Publicacions ICE.
- Bowen, C. (1998). *Developmental phonological disorders. A practical guide for families and teachers*. Melbourne: ACER Press.
- Calvert, D. M. (1962). Deaf Voice Quality: a preliminary investigation. *Volta Review* 64, 403.
- Carter, A., Dillon, C. e Pisoni, D. (2002). Imitation of Nonwords by Hearing Impaired Children with Cochlear Implants: Suprasegmental Analyses. In University, S.R.L.-I. (Ed.) *Research on Spoken Language Processing - Progress Report N° 25* (pp. 136-52). Bloomington: Indiana University
- Chin, S. (1997). Sensory aid and word position effects on consonant feature production by children with profound hearing impairment. In University, S.R.L.-I. (Ed.) *Research on Spoken Language Processing - Progress Report N° 21* (pp. 455-70). Bloomington: Indiana University.
- Chin, S. (2003). Children's Consonant Inventories After Extended Cochlear Implant Use. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 46, 849-62.
- Chin, S. e Tsai, P. (2002). Speech Intelligibility of Children with Cochlear Implants and Children with Normal Hearing: A preliminary report. In Laboratory, I.U.-S.R. (Ed.) *Research on Spoken Language Processing* (pp. 292-308). Bloomington, Indiana: Indiana University.
- Cikoja-Barac, D. (2004). Effects of Temporal and Spectral Alterations of Speech Feedback on Speech Production by Persons with Hearing Loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surgery* 130, 598-603.
- Cleary, M., Kirk, K. e Pisoni, D. (2005). Influence of voice similarity on talker discrimination in children with normal hearing and children with cochlear implants. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 48, 204-23.
- Cochlear. (2005). *Listen Learn and Talk - Another Cochlear Innovation*. Alexandria, Australia.

- Cowie, R. e Sawey, M. (1995). The effects of cochlear implants on speech production in postlingually acquired deafness. *XIIIth International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 198-201).
- Cowie, R., Sawey, M. e Douglas-Cowi, E. (1995). A new speech analysis system: ASSESS (automatic statistical summary of elementary speech structures). *XIIIth International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 278-81).
- Crystal, T. e House, A. (1988). A note on the durations of fricatives in American English. *Jornal Acoustical Society of America* 84(5), 1932-5.
- Cukier, S. e Camargo, Z. (2005). Abordagem da Qualidade Vocal em um Falante com Deficiência Auditiva: Aspectos Acústicos Relevantes do Sinal de Fala. *CEFAC* 7(1), 93-101.
- Daigle, D. e Armand, F. (2007). Phonological sensitivity in severely and profoundly deaf readers of French. *Springer Science + Business Media B.V.*
- Dawson, P. W., Blamey, J. e Dettman, J. (1995). A clinical report on speech production of cochlear implant users. *Ear & Hearing* 16, 551-61.
- Dillon, C., Cleary, M., Pisoni, D. e Carter, A. (2002). Imitation of Nonwords by Hearing-Impaired Children with Cochlear Implants: Segmental Analyses. In University, S.R.L.-I. (Ed.) *Research on Spoken Language Processing* (pp. 98-134). Bloomington: Indiana University.
- Docherty, G. J. (1992). The Timing of voicing in British English Obstruents. *Foris Publications*.
- Dood, B. e So, L. (1994). The Phonological Abilities of Cantonese-Speaking Children With Hearing Loss. *Journal of Speech and Hearing Research* 37, 671-9.
- Dunn, M. e Leota, M. (1981). *Manual of Peabody Picture Vocabulary Test-Revised, Forms L and M*. Minnesota: American Guidance Service.
- Ertmer, D., Strong, L. e Sadagopan, N. (2003). Beginning to Communicate After Cochlear Implantation: Oral Language Development in a Young Child. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 46, 328-40.
- Escudero, P., Boersma, P. e Rauber, A. (2008). A cross-dialect acoustic description of vowels: Brazilian and European Portuguese. *PACS* 43, 1-23.
- Fitzpatrick, E., McCrae, R. e Schramm, D. (2006). A retrospective study of cochlear implants outcomes in children with residual hearing. *BMC Ear, Nose and Throat Disorders* 6, 1-6.
- Geers, A. (2004). Speech, Language, and Reading skills after early cochlear implantation. *Arch Otolaryngol Head Neck Surgery* 130, 634-8.

- Geers, A. e Moog, J. (1992). Speech perception and production skills of students with impaired hearing from oral and total communication settings. *Journal of Speech and Hearing Research* 35, 1384-93.
- Gelfand, S. (2001). *Essentials of Audiology* New York: Thieme.
- Gilbert, H. e Campbell, M. (1980). Speaking Fundamental Frequency in Three Groups of Hearing Impaired Individuals. *Journal of Communication Disorders* 13, 195-205.
- Guenther, F., Perkell, J. e Villacorta, V. (2007). Sensorimotor adaptation to feedback perturbations of vowel acoustics and its relations to perception. *Journal Acoustical Society of America* 122(4), 2306-19.
- Howell, D. (2007). *Statistical Methods for Psychology (6<sup>th</sup>)*. Belmont: Wadsworth Publishing Company.
- Ingram, D. (1983). *Transtornos fonológicos en el niño*. Barcelona: Médica y Técnica.
- Ingram, D. (1992). Phonological Development: Production. *Language Acquisition* (pp. 223-39). Cambridge: Cambridge University Press.
- James, D., Raiput, K., Brown, T., Sirimanna, T., Brinton, J. e Goswami, U. (2005). Phonological Awareness in Deaf Children who use Cochlear Implants. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 48, 1511-28.
- Jesus, L. e Shadle, C. (2002). A parametric study of the spectral characteristics of European Portuguese Fricatives.
- Jesus, L. e Shadle, C. (2003). Temporal and devoicing analysis of european portuguese fricatives. In *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS 2003)* (pp. 779-82). Barcelona, Spain.
- Jongman, A., Wayland, R. e Wong, S. (2000). Acoustical characteristics of English fricatives. *Jornal Acoustical Society of America* 108(3), 1252-63.
- Kent, R. e Read, C. (1994). The intelligibility of childrens speech: A review of evaluation procedures. *American Journal of Speech-Language Pathology* 3, 81-95.
- Kent, R. e Read, C. (2002). *Acoustic Analysis of Speech*. Wisconsin: Singular Thomson Learning.
- Kirk, H. I. e Hill-Brown, C. (1985). Speech and language results in children with cochlear implant. *Ear & Hearing* 6(3), 36s-47s.
- Kirk, H. I. e Osberger, M. (2003). Cochlear implantation in young children: effects of age at implantation and communication mode. *Volta Review* 102, 127-44.

- Klatt, D. H. (1974). Duration of /s/ in English Words. *Journal of Speech and Hearing Research* 17, 41-50.
- Kotby, M. (1996). Multidimensional analysis of speech of hearing impaired children. *Scandinavian Audiology* 42, 27-33.
- Ladefoged, P. (2005). Speculations on the control of speech. In Hardcastle W., Beck, J. (Ed.) *A Figure of Speech: A Festschrift for John Laver* (pp. 3-22). Mahwah: LEA.
- Ladefoged, P. (2006). *A course in phonetics*. Boston: Thomson Wadsworth.
- Lane, H. e Perkell, J. (2007). Effects of Short- and Long-Term Changes in Auditory Feedback on Vowel and Sibilant Contrasts. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 50, 913-27
- Lane, H., Perkell, J., Mathhies, M., Vick, J. e Zandipour, M. (2001). The Effects of Changes in Hearing Status in Cochlear Implant Users on the Acoustic Vowel Space and CV Coarticulation. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 44, 552-63.
- Lane, H. e Perkell, J. (2005). Control of voice-onset time in the absence of hearing: a review. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 48, 1334-43.
- Lin, P. e Lin, S. (1993). *The Assessment of Preschool Language Disorders*. Taipei: National Taiwan Normal University Press.
- Ling, D. (1989). *Foundations of Spoken Language for Hearing-Impaired Children*. Washington: Alexander Graham Bell Association.
- Marschark, M., Lang, H. e Albertini, J. (2002). *Educating Deaf Students - From research to practice*. New York: Oxford University Press.
- Martins, M. (1973). Análise acústica das vogais tônicas em português. *Boletim de Filologia*, 303-14.
- McCaffrey, A. (1999). Multichannel cochlear implantation and the organization of early speech. *Volta Review* 101, 5-28.
- McGarr, N. (1983). The intelligibility of deaf speech to experienced and inexperienced listeners. *Journal of Speech and Hearing Research* 26, 451-8.
- McGarr, N. (1987). Communication skills of hearing-impaired children in schools for the deaf. In Levitt, H. (Ed.) *Language and Communication Skills of Deaf Children - ASHA Monographs*, 26 Washington, DC: American Speech-Language-Hearing Association.

- Mediavilla, E., Torrent, M. e Raventós, M. (2002). A comparative study of the phonology of pre-school children with specific language impairment (SLI), language delay (LD) and normal acquisition. *Clinical Linguistics & Phonetics* 16(8), 573 - 96.
- Melo, T., Bevilacqua, M. e Moret, A. (2008). Avaliação da produção de fala em crianças deficientes auditivas usuárias de Implante Coclear Multicanal. *Revista Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia* 13(1), 45-51.
- Metz, D., Schiavetti, N. e Sitler, R. (1980). *Toward an objective description of the dependent and independent variables associated with intelligibility assessments of hearing-impaired adults*. Washington, DC: Alexander Graham Bell Association for the Deaf.
- Monsen, R., Moog, J. e Geers, A. (1992). *CID Picture SPINE (SPeech INtelligibility Evaluation)*. St. Louis: Central Institute for the Deaf.
- Monsen, R. B. (1978). Toward measuring how well hearing-impaired children speak. *Journal of Speech and Hearing Research* 21, 197-219.
- Monsen, R. B. (1981). A usable test for the speech intelligibility of hearing-impaired talkers. *Amer. Annals Deaf* 126, 845-52.
- Monsen, R. B. (1983). The oral speech intelligibility of hearing impaired talkers. *Journal of Speech and Hearing Disorders* 48, 286-96.
- Monteiro, I. (2007). É necessário ter coragem de afirmar e caracterizar a diferença de ser surdo! Aveiro: Jornal UAonline.
- Nicolaidis, A. e Sfakiannaki, A. (2007). An Acoustic Analysis of Vowels Produced By Greek Speakers with Hearing Impairment. In University of Thessaloniki, G. (Ed.) *ICPhS XVI* (pp. 1969-72). Saarbrücken.
- Nittrouer, S. (2007). Dynamic spectral structure specifies vowels for children and adults. *Journal Acoustical Society of America* 122(4), 2328-39.
- Osberger, J., Robbins, M. e Berry, W. (1991). Analysis of the spontaneous speech samples of children with cochlear implants or tactile aids. *The American Journal of Otology* 12, 151-64.
- Osberger, M. (1992). Speech Intelligibility in the Hearing Impaired: Research and Clinical Implications. In Kent, R. (Ed.) *Intelligibility in Speech Disorders: Theory, Measurement and Management* (pp. 233-64). Amsterdam: John Benjamin's Publishing Company.
- Osberger, M., Maso, M. e Sam, K. (1993). Speech Intelligibility of Children with Cochlear Implants, Tactile Aids, or Hearing Aids. *Journal of Speech and Hearing Research* 36, 186-203.



- Osberger M., Todd S., Riley A. (1994). Speech intelligibility of children with cochlear implants. *Volta Review* 96, 169-80.
- Oster, A. (1990). The effects of prosodic and segmental deviations on intelligibility of deaf speech. *STL-QPSR* 31(2-3), 079-88.
- Oster, A. (2002). The relationship between residual hearing and speech intelligibility - Is there a measure that could predict a prelingually deaf child's possibility to develop intelligible speech? *TMH-QPSR* 43, 51-6.
- Peng, S., Spencer, L. e Tomblin, J. (2005). Speech Intelligibility of Pediatric Cochlear Implant Recipients with 7 years of Experience. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 47, 1227-36.
- Peng, S., Weiss, L., Amy, L., Cheung, H. e Lin, Y. S. (2004). Consonant Production and Language Skills in Mandarin-Speaking Children with Cochlear Implants. *Arch Otolaryngol Head Neck Surgery* 130, 592-7.
- Peng, S. (2004). Speech Intelligibility of Pediatric Cochlear Implant Recipients with 7 years of Experience. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 47, 1227-36.
- Pereira, J. (1990). Digo o que faço, faço o que digo. Porto: Areal Editores.
- Perkell, S. (2007). Sensory Goals and Control Mechanisms for Phonemic Articulations. In ICphS (Ed.) Saarbrücken.
- Perkell, S. e Guenther, F. (2003). A Neural Model of Speech Production and its Applications to Studies of the Role of Auditory Feedback in Speech. *Speech Motor Control in Normal and Disordered Speech* (pp. 29-49).
- Perkell, S., Guenther, F., Lane, H., Mathhies, M., Payan, Y., Perrier, P., Vick, J. e Zandipour, M. (s.d.). Sensorimotor Control of Speech Production: Models and Data. In Students (Ed.) Cambridge: MIT.
- Perkell, S., Lane, H., Ménard, L., Polak, M., Denny, M. e Burton, E. (2007). Interactions of speaking condition and auditory feedback on vowel production in postlingually deaf adults with cochlear implants. *Journal Acoustical Society of America* 121(6), 3790-801.
- Pirello, K., Blumstein, S. e Kurowski, K. (1997). The characteristics of voicing in syllable-initial fricatives in American English. *Jornal Acoustical Society of America* 101(6), 3754-65.
- Prado, A. (2007). Principais Características da Produção Vocal do Deficiente Auditivo. *CEFAC* 9(3), 404-10.

- Rabin-Kishon, L., Taitelbaum, R., Tobin, Y. e Hildesheimer, M. (1999). The effect of partially restored hearing on speech production of postlingually deafened adults with multichannel cochlear implants. *Journal Acoustical Society of America* 106(5), 2843-57.
- Raphael, L., Borden, G. e Harris, K. (2007). *Speech Science Primer: Physiology, Acoustics, and Perception of Speech (4th Ed)*. Lippincott.
- Rawlings, C. G. (1935). A comparative study of the movements of the breathing muscles in speech and in quiet breathing of deaf and normal subjects. Part I. *American Annals of the Deaf* 80, 147-56.
- Rhoades, E. (2006). Research Outcomes of Auditory-Verbal Intervention: Is this approach justified? *Deafness and Education International* 8(3), 125-43.
- Samar, V. e Metz, D. (1988). Construct validity of speech intelligibility rating-scale procedures for the hearing impaired population. *Journal of Speech and Hearing Research* 31, 307-16.
- Schauwers, K., Gillis, S., Daemers, K., Beukelaer, C., Ceulaer, G., Yperman, M. e Govaerts, P. (2004). Normal hearing and language development in a deaf-born child. *Otology & Neurology* 25, 924-9.
- Schiavetti, N., Metz, D. e Sitler, R. (1981). Construct validity of direct magnitude estimation and interval scaling of speech intelligibility. *Journal of Speech and Hearing Research* 26, 30-5.
- Sehgal, S. T. (1998). Imitative consonant feature production by children with multichannel sensory aids. *Ear & Hearing* 19, 72-184.
- Serry, T. e Blamey, P. J. (1999). A 4-year investigation into phonetic inventory development in young cochlear implant users. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 42, 151-4.
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal* 27, 379-423, 623-56.
- Sitler, R., Schiavetti, N. e Metz, D. (1983). Contextual effects in the measurement of hearing impaired speakers intelligibility. *Journal of Speech and Hearing Research* 26, 30-5.
- Smith, C. L. (1997). The devoicing of /z/ in American English: Effects of local and prosodic context. *Journal of Phonetics* 25(4), 471-500.
- Smith, C. R. (1975). Residual hearing and speech production in deaf children. *Journal of Speech and Hearing Research* 18, 795-811.

- Stark, R. e Levitt, H. (1974). Prosodic feature reception and production in deaf children. *Journal of the Acoustic Society of America* 55, S23.
- Subtelny, J. (1977). Assessment of speech with implications for training. In Bess, F.H. (Ed.) *Childhood Deafness* (pp. 183-96). New York: Grune & Stratton.
- Svirsky, M., Chin, S., Caldwell, M. e Miyamoto, R. (1999). Speech Intelligibility of Pediatric Hearing Aid Users. In University, D.O.R.L.-I. (Ed.) *Research on Spoken Language Processing - Progress Report n° 23* (pp. 323-38). Indianapolis: Indiana University School of Medicine.
- Svirsky, M. e Chin, S. (1998). Speech Production by Users of Cochlear Implants: A Review. In University, I. (Ed.) *Research on Spoken Language Processing* (pp. 47-72). Bloomington: Indiana University - Speech Research Laboratory; Department of Psychology.
- Svirsky, M., Jones, D. e Osberger, M. (1996). Intraoral pressure during production of bilabial stops. *Nineteenth Midwinter Research Meeting of the Association for Research in Otolaryngology* St. Petersburg, FL.
- Svirsky, M. e Jones, D. . (1998). The Effect of Auditory Feedback on the Control of Oral-Nasal Balance by Pediatric Cochlear Implant Users. *Ear & Hearing* 19(5), 385-93.
- Titze, I. (1994). Workshop on Acoustic Voice Analysis. Denver, Colorado: National Center for Voice and Speech.
- Titze, I. (2000). *Principles of Voice Production*. Iowa: Iowa City: National Center for Voice and Speech.
- Tobey, E. A. (1991). Consonant production in children receiving a multichannel cochlear implant. *Ear & Hearing* 12, 23-31.
- Tobey, E. A., Geers, A. e Brenner, C. (1994a). Speech production performance in children with multichannel cochlear implants. *The American Journal of Otology* 12, 165-73.
- Tobey, E. A., Geers, A. e Brenner, C. (1994b). Speech production results: speech feature acquisition. *Volta Review* 96(5), 109-29.
- Tobey, E. A., Geers, A., Brenner, C., Altuna, D. e Gabbert, G. (2003). Factors Associated with Development of Speech Production Skills in Children Implanted by Age Five. *Ear & Hearing* 24(1S), 36S-45S.
- Toffin, C. (1995). Voice production as a function of analytic perception with a speech element hearing aid. *XIIIth International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 206-9).

- Viana, M. C. (1984). Etude de deux aspects du consonantisme du portugais: fricatisation et dévoisement. Tese de Doutorado. *Sciences Humaines* Strasbourg: Université des Sciences Humaines de Strasbourg.
- Voelker, C. H. (1935). An experimental study of the comparative rate of utterance of deaf and normal hearing speakers *American Annals of the Deaf* 83, 274.
- Wells, J. C. (1997). SAMPA computer readable phonetic alphabet. In Gibbon, D., Moore, R. and Winski, R. (Ed.) *Handbook of Standards and Resources for Spoken Language Systems* Berlin and New York: Mouton de Gruyter.
- Weston, A. D. e Shriberg, L. W. (1992). Contextual and linguistic correlates of intelligibility in children with developmental phonological disorders. *Journal of Speech and Hearing Research* 35, 1316-32.
- Whitehead, R., Schiavetti, N., MacKenzie, D. e Metz, D. (2003). Intelligibility of speech produced during simultaneous communication. *Journal of Communication Disorders* 37(3), 241-53.
- Wilkinson, A. e Brinton, J. (2003). Speech intelligibility rating of cochlear implanted children: inter-rater reliability. *Cochlear Implants International* 4(1), 22-30.
- Wirz, S. (1986). The Voice of the Deaf. In Fawcus, M. (Ed.) *Voice Disorders and their Management* (pp. 285-96). London: Croom Helm.

# Anexos

## Anexo A

### Declaração de Consentimento

**DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO**

Considerando a "Declaração de Helsínquia" da Associação Médica Mundial  
(Helsínquia 1964; Tóquio 1975; Veneza 1983; Hong Kong 1989; Somerset West 1996 e Edimburgo 2000)

**Designação do Estudo:**

Produção de Fala em Crianças Surdas com Implante Coclear

Eu, abaixo-assinado \_\_\_\_\_, encarregado de educação de \_\_\_\_\_, compreendi a explicação que me foi fornecida acerca do seu caso clínico e da investigação que se tenciona realizar, bem como do estudo em que serei incluído. Foi-me dada oportunidade de fazer as perguntas que julguei necessárias, e de todas obtive resposta satisfatória.

Tomei conhecimento de que, de acordo com as recomendações da Declaração de Helsínquia, a informação ou explicação que me foi prestada versou os objectivos, os métodos, os benefícios previstos, os riscos potenciais e o eventual desconforto. Além disso, foi-me afirmado que tenho o direito de recusar a todo o tempo a minha participação no estudo, sem que isso possa ter como efeito qualquer prejuízo na assistência que me é prestada.

Por isso, consinto que seja aplicado ao meu encarregado de educação, o método proposto pelo investigador.

Data: 7 / Junho / 2008

Assinatura do encarregado de educação: \_\_\_\_\_

O Investigador responsável:

Nome: Luís Miguel Teixeira de Jesus

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **Anexo B**

### 1. Avaliação informal suportada nas seguintes tarefas:

- Conversação;
- Cartões de imagens para emissão;
- Identificação indirecta;
- Histórias com imagens (sequências de 6 e 8 cartões);
- Leitura de texto;
- Discriminação auditiva.

### 2. Áreas Avaliadas:

- Perfil comunicativo (pragmática);
- Nível linguístico verbal oral e escrito (morfo-sintaxe, semântica e fonologia);
- Motricidade Orofacial;
- Articulação Verbal Oral.

### 3. Obsevações

Todas as crianças avaliadas apresentaram um nível de desenvolvimento comunicativo e linguístico adequado à sua idade cronológica e nível académico. Uma das crianças apresentava alterações da motricidade orofacial sem repercussões na articulação verbal oral.